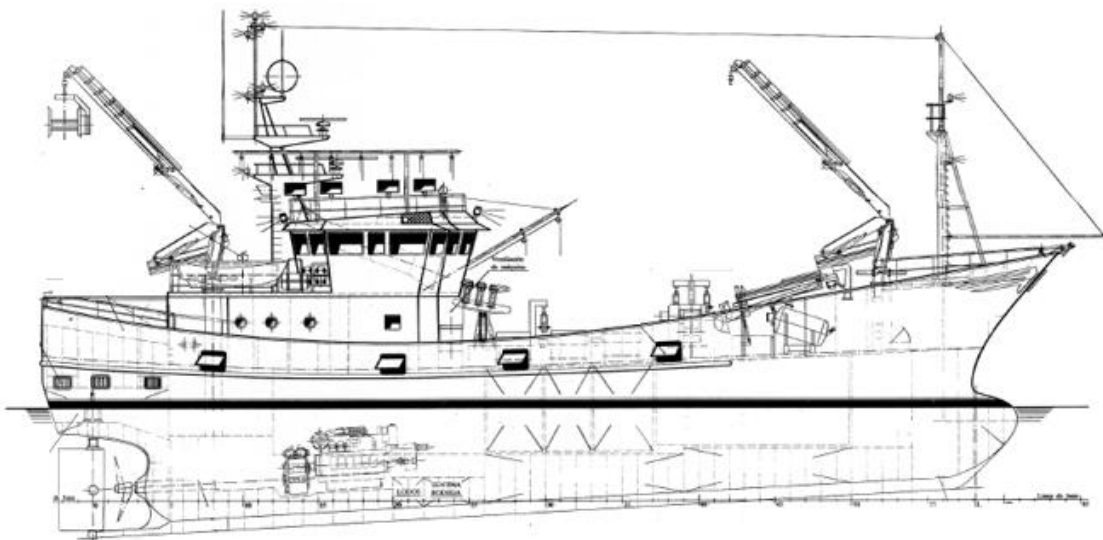


Pre-diseño de la planta propulsora, planta eléctrica y estudio de eficiencia y ahorro energético de un Bonitero del Cantábrico.



Autor: Koldo Agudo Recarte
Tutor: Ramón Grau Mur
Trabajo final de carrera para:
Diplomatura de máquinas navales

“A mis padres, hermanos, familia, amigos y Libe por el apoyo y ayuda que me han
dado, ya que sin ellos no hubiera sido posible.”

ÍNDICE:

<u>INTRODUCCIÓN</u>	6
---------------------------	---

<u>SIGLAS</u>	7
---------------------	---

CAPÍTULO 1, HISTORIA:

1. Mar Cantábrico.....	12
1.1. Características.....	12
1.2. Historia.....	13
2. Flota.....	14
2.1. Merluceras.....	15
2.2. Boniteros.....	16
3. La pesca del Bonito del norte.....	17

CAPÍTULO 2, PLANTA PROPULSORA:

INTRODUCCIÓN.....	23
1. Esquema del equipo propulsivo.....	23
2. Estimación de la potencia propulsora.....	24
2.1. Predicción de la potencia.....	25
2.1.1. Resistencia al avance en pesqueros sin bulbo de proa.....	25
2.1.2. Resistencia al avance en pesqueros con bulbo de proa.....	27
2.1.3. Resultados de la estimación.....	28
3. Elección del motor principal.....	30
4. Reductora.....	31

CAPÍTULO 3, PLANTA ELÉCTRICA:

INTRODUCCIÓN.....	34
1. Pre-diseño de las plantas generadoras.....	35
1.1. Análisis de la potencia de carga.....	35
1.2. Factores de utilización.....	35
2. Descripción del sistema eléctrico del buque.....	36
2.1. Lista de consumidores.....	36
2.2. Elección de las características de la distribución eléctrica.....	38
3. Diseño de la planta eléctrica.....	40
3.1 Suministros de potencia de emergencia. Requisitos generales.....	40
3.2. Disposición y emplazamiento.....	42
3.3. Elección de la tensión.....	43
3.4. Sistemas de distribución a bordo.....	43
4. Generación de electricidad a bordo.	45
4.1. Potencia de los generadores.	45
4.2. Transformadores.....	47
4.3. Cuadros eléctricos.....	48
4.4. Paneles del cuadro eléctrico.....	49
4.5. Cuadros de distribución de corriente.....	50

5.	Planta generadora.....	52
5.1.	Alternador de cola.....	52
5.2.	Servicios de emergencias.....	52
6.	Cables eléctricos marinos.....	56
7.	Balance eléctrico.....	57
7.1.	Desarrollo del balance eléctrico.....	58
7.2.	Situaciones de carga.....	62
7.3.	Generadores de potencia eléctrica.....	65
7.3.1.	Grupo auxiliar.....	65
7.3.2.	Alternador de cola.....	67
7.3.3.	Grupo de emergencias.....	68

CAPÍTULO 4, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO.

	INTRODUCCIÓN.....	72
1.	Normativa medioambiental.....	73
2.	Eficiencia energética en el buque de pesca.....	74
3.	El sector pesquero en España.....	76
4.	Tipos de propulsión y combustibles más utilizados.....	79
4.1.	Motores fueraborda.....	79
4.2.	Motores diésel intraborda.....	81
5.	El buque pesquero producción y consumo energético.....	82
5.1.	Consumidores principales y motores auxiliares.....	82
6.	Requisitos energéticos según la condición de operación.....	87
6.1.	Variación de generación eléctrica según la condición de navegación	87
7.	Alternativas de ahorro energético.....	90
7.1.	Aprovechamiento del calor residual.....	90
7.2.	Ahorro energético en la habilitación.....	92
7.3.	Equipos de frío.....	93
7.4.	Otros equipos.....	93
8.	Ideas innovadoras.....	94
8.1.	Utilización de combustibles alternativos. (GLP+GNL).....	94
8.2.	Propulsión mediante velas y cometas.....	96
8.3.	Propulsión diésel-eléctrica.....	97
9.	Protocolo de auditoría energético.....	100
10.	Marco legislativo actual.....	101
10.1.	Normativa relativa a la seguridad.....	101
10.1.1.	Embarcaciones de eslora inferior a 24 metros.....	101
10.1.2.	Embarcaciones de eslora superior a 24 metros.....	102
10.2.	Sociedades de clasificación.....	102
11.	Normativa medioambiental, emisiones atmosféricas.....	104

<u>CONCLUSIONES</u>	106
---------------------------	-----

<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	108
---------------------------	-----

<u>PLANOS</u>	110
---------------------	-----

ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

CAPÍTULO 1, HISTORIA.

Imagen 1.1. Merlucera de 15 m de eslora.....	15
Imagen 1.2. Bonitero de 1950.....	16
Imagen 1.3. Bonitero de 1960.....	16
Imagen 1.4. Bonitero de 1970.....	17
Imagen 1.5. Bonitero de 1990.....	17
Imagen 1.6. Boniteros actuales.....	17
Imagen 1.7. Pesca tradicional del Bonito del Norte.....	18

CAPÍTULO 2, PLANTA PROPULSORA.

Imagen 2.1. Estimación de la potencia mediante el método de A.G.G.....	29
Imagen 2.2. Motor principal, C3512B.....	30
Tabla 2.1. Resultado de la estimación.....	28
Tabla 2.2. Reductora Reintjes CAE 1634.....	31

CAPÍTULO 3, PLANTA ELÉCTRICA

Imagen 3.1. Ubicación del equipo de emergencias.....	42
Imagen 3.2. Generador de cola tipo PTO y generador auxiliar	45
Imagen 3.3. Motor auxiliar.....	66
Imagen 3.4. Motor de emergencias seleccionado.....	68
Tabla 3.1. Balance eléctrico equipos de cámara de máquinas.....	59
Tabla 3.2. Balance eléctrico servicios de navegación y maniobra.....	59
Tabla 3.3. Balance eléctrico equipos de pesca.....	59
Tabla 3.4. Balance eléctrico accionamiento térmico.....	60
Tabla 3.5. Balance eléctrico equipo frigorífico.....	60
Tabla 3.6. Balance eléctrico consumidores habilitación.....	60
Tabla 3.7. Balance eléctrico iluminación.....	60
Tabla 3.8. Balance eléctrico equipos varios.....	61
Tabla 3.9. Resumen del balance eléctrico.....	66
Tabla 3.10. Balance eléctrico grupo de emergencias.....	68

CAPÍTULO 4, EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO

Imagen 4.1. Evolución del precio de las capturas de distintos tipos de pescado.....	66
Imagen 4.2. Número de trabajadores de los sectores de la pesca y acuicultura.....	70
Imagen 4.3. Evolución de las capturas de pesca.....	71
Imagen 4.4. Distribución de la flota pesquera por tipo de buque.....	71
Imagen 4.5. Distribución de la flota pesquera por caladero.....	72
Imagen 4.6. Halador de cubierta.....	79

Imagen 4.7. Balance térmico de un motor diésel de 4 tiempos sobrealimentado.....	84
Imagen 4.8. Sistema de destilación aprovechando calor residual.....	85
Imagen 4.9. Esquema de sala de máquinas con iluminación led y sensores.....	86
Imagen 4.10. Embarcación de bajura propulsada mediante GLP.....	89
Imagen 4.11. Buque de pesca con propulsión auxiliar mediante velas.....	90
Imagen 4.12. sistema propulsivo mediante cometas.....	91
Imagen 4.13. Esquema de un sistema de propulsión diésel-eléctrico.....	92
Tabla 4.1. Alternativas de generación.....	79

INTRODUCCIÓN.

En este apartado haremos un breve resumen de los temas tratados en la elaboración del trabajo fin de carrera basado en el diseño de la planta propulsora y eléctrica de un Bonitero del Cantábrico.

Este trabajo está estructurado en 4 capítulos en los que en cada uno de ellos se trata una parte del proyecto, se ha organizado de la siguiente manera:

- Capítulo 1, Historia.

En este apartado se describe brevemente la zona de pesca, la flota y se muestra la evolución que ha habido desde que se empezó a integrar el motor diésel a este tipo de pesqueros.

- Capítulo 2, Planta propulsora.

En este documento de proyecto se va a calcular mediante un método estadístico la potencia necesaria a instalar para detallar los diferentes sistemas que permiten la normal actividad del buque, tales como son el sistema de propulsión que garantiza la velocidad de servicio.

- Capítulo 3, Proyecto Eléctrico.

En este apartado se dan los detalles del proyecto de las plantas eléctricas generadoras tales como el análisis de la potencia de carga, lista de consumidores y elección de la tensión. También se realizará el balance eléctrico de las cargas a bordo del buque cuyos elementos característicos de la planta eléctrica de un buque son los siguientes:

- Grupos generadores.
- Cuadro principal.
- Elementos de protección de generadores y consumidores.
- Generador de emergencia.
- Consumidores.

Se presenta el balance eléctrico con la elección de la potencia que debe suministrar la planta generadora.

- Capítulo 4, Eficiencia energética.

En este capítulo se va a tratar los temas relacionados con la eficiencia energética y la optimización de los recursos disponibles a bordo del buque según la normativa medioambiental.

También se desarrolla la normativa relativa a la seguridad y prevención de la contaminación de los buques pesqueros y el protocolo de auditoría energética.

Se proponen alternativas de ahorro energético en la iluminación, aprovechamiento del calor residual, propulsión diésel-eléctrica y modificando los hábitos a bordo entre otros.

SIGLAS

- MCR: Maxim continuos rating
- V: Velocidad
- Kn: Nudos
- R.P.M: Revoluciones por minuto.
- PM: Potencia máxima requerida para la propulsión.
- S: Potencia de servicio
- M: Potencia máxima requerida al motor
- Pi: Presión media indicada (en bares)
- n: Velocidad del eje
- i: Número de cilindros
- z: Número de revoluciones por ciclo
- Ni: Potencia indicada
- SFOC: Consumo específico combustible
- DO: Diesel Oil
- T: Temperatura
- MP: Motor principal
- MA: Motor auxiliar
- C.M.: Cámara de máquinas
- P: Presión
- Δ : desplazamiento
- ∇ : Volumen
- DP: diámetro del propulsor
- LPP: Eslora entre perpendiculares
- B: Manga de trazado
- Bd: Manga de diseño
- Td: Calado de diseño
- A : Área
- η : rendimiento
- d: Diámetro
- q.: Flujo de calor
- K: Conductividad térmica
- GLP: Gas licuado del petróleo
- GNL: Gas natural licuado
- g: Gramo
- L: litro
- CB: Coeficiente de bloque
- LwL: Eslora de flotación
- kW: Kilovatio
- Fn: Número de Froude
- R: Resistencia
- Cf: resistencia de fricción
- Ca: Resistencia de rugosidad
- Cr: Resistencia residual
- LD: Eslora de desplazamiento
- RR: Resistencia residual
- RT: Resistencia total
- S: Superficie
- S_{TIM}: Superficie de timón

- S_{TOB}: Superficie de la tobera
- %DES: Porcentaje de desviación
- SB: Sin bulbo
- CB: Con bulbo
- C.I.: Contra incendios
- V: Voltios
- G.E.: Generador de emergencia
- V_A: Voltios reactivos
- W: Vatio
- kWh: Kilovatio hora
- S: Potencia aparente
- Q: Potencia reactiva
- Hz: Hercios
- PTO: Power Take Off
- K_u: Coeficiente de utilización
- K_{SR}: Coeficiente de servicio y régimen
- K_s: Coeficiente de servicio
- K_R: Coeficiente de régimen

Capítulo 1, Historia.

1. MAR CANTABRICO

El mar Cantábrico es el mar litoral del océano Atlántico que baña la costa Norte de España y el extremo Suroeste de la costa atlántica de Francia; supone la zona Sur del golfo de Vizcaya. Se extiende desde la punta Estaca de Bares, en la provincia de La Coruña, hasta la desembocadura del río Adur, cerca de la ciudad de Bayona, en la costa del departamento de Pirineos Atlánticos, en el País Vasco Francés. Baña 800 kilómetros de costa compartida por las provincias de La Coruña y Lugo en Galicia; Asturias, Cantabria, Bizkaia y Gipuzkoa en el País Vasco. Y por último la costa Labortana, ya en Francia.

1.1.CARACTERÍSTICAS

Constituye un mar de transición entre los mares fríos del norte y los templados del trópico, lo que hace que sea entorno de especies vegetales y animales de aguas frías. El afloramiento de aguas profundas y frías existente frente a las costas gallegas hace que la temperatura del agua aumente conforme nos desplazamos hacia el Este. Esa temperatura del agua superficial presenta una acusada estacionalidad, así durante el invierno la temperatura del agua puede bajar hasta los 11°C, mientras que en verano alcanza los 22°C aproximadamente. A partir de 35 o 40 m de profundidad la temperatura del agua se mantiene prácticamente estable durante todo el año. Estas temperaturas son inusualmente altas dada la región geográfica que ocupa el Mar Cantábrico, y se deben a los efectos cálidos de la corriente del Golfo.

Los fuertes vientos, del Noroeste preferentemente, que soplan sobre el Mar Cantábrico tienen su origen en las bajas presiones centradas sobre las islas británicas y el mar del Norte en combinación con el anticiclón de las Azores. La distancia recorrida por el viento y el mantenimiento de su dirección y velocidad constantes hacen que se generen olas de 2 a 3 m de altura, lo que origina un mar bastante agitado. En condiciones muy particulares, más propicias en los meses de abril-mayo y septiembre-octubre, los vientos del Oeste pueden alcanzar magnitudes de galerna con olas que llegan a superar los 7 m de altura.

La salinidad media del Cantábrico es del 35 g/L, aunque varía ligeramente en función del régimen de lluvias y la mayor o menor cercanía a la costa y/o desembocaduras de ríos caudalosos. Tiene una significativa amplitud de marea, pudiendo ser de 4,5 m como máximo, especialmente en las mareas vivas de marzo.

1.2.HISTORIA

El Mar Cantábrico fue bautizado por los romanos en el siglo I a. C. como Cantabricus Oceanus y en otras citas clásicas más antiguas aparece con el nombre de Britannicus Oceanus y Gallicus Oceanus. En sus costas se crearon asentamientos humanos que hicieron de la pesca su principal actividad económica: astures, cántabros y vascones, aunque la actividad comercial en esos tiempos primitivos no fue muy importante.

La primera llegada de los vikingos a la península ibérica fue a través del Mar Cantábrico en el siglo IX, quienes asaltaron y saquearon numerosos pueblos costeros.

La pesca se convirtió en una importante actividad económica en el Mar Cantábrico, especialmente las capturas de ballena, hoy extinguidas en la región.

El Mar Cantábrico ha sido considerado tradicionalmente como un *mare tenebrosum*, cerrado, peligroso y de difícil tránsito. No obstante las investigaciones arqueológicas actualmente están cuestionando esta visión. Desde finales del siglo I d.C. de sus resguardadas bahías y ensenadas surgieron asentamientos que con el tiempo llegaron a tener gran importancia y surgieron federaciones de puertos que conformaron un poder naval y económico de primer orden en el Arco Atlántico.

2. FLOTA

La costera de bonito es una de las principales fuentes de ingresos para la flota artesanal en los puertos del Cantábrico precedida por la otra costera importante: la de anchoa en los meses de primavera. Como término medio participan unos 130 barcos de cebo y 400 de cacea.

El tamaño de la flota de cacea o curricán oscila entre embarcaciones de menos de 10 TRB hasta 300 TRB. Aunque el grueso de la flota se sitúa en los rangos que van de 10 a 100 TRB, con un número muy inferior en la categoría de 100 a 150 TRB.

En el caso de la flota de cebo vivo o pulso, el tamaño de estas embarcaciones expresado en toneladas de registro bruto presenta un rango más estrecho que la flota de cacea. En este caso la el mayor número de embarcaciones va de las 50 a 200 TRB, siendo la categoría de mayor agrupación de embarcaciones la correspondiente a la categoría de 100 a 150 TRB.

Así pues, se puede decir que en líneas generales la flota de cebo vivo está representada por un tamaño más homogéneo de barco y de mayor tonelaje, ya que deben disponer de espacio para ubicar los viveros en cubierta, aunque hay excepciones con barcos de más de 200 TRB en el caso de la flota de cacea, pero escasos en número.

A grandes rasgos, las embarcaciones de cacea de gran porte (30 m eslora) realizan mareas más largas ya que su zona de pesca se sitúa en aguas oceánicas alejadas de la costa y recorren grandes áreas persiguiendo los bancos de bonito para obtener sus capturas. La actividad de los barcos de cebo vivo de gran tamaño (30 m eslora) se sitúa en aguas del golfo de Vizcaya más próximas a la costa donde realizan las pescas de cerco para obtener el cebo constituido por especies pelágicas costeras: anchoa, chicharro, caballa, lanzón, que mantiene vivos en los viveros o tanques que llevan instalados a bordo. Se pueden dividir las embarcaciones en dos grandes grupos, las merluceras y las boniteros. Este último es el buque del proyecto.

2.1. MERLUCERAS:

Siguiendo el escalafón de menor a mayor, es la primera que encontramos con el casco cerrado, lo cual permitirá entre otras cosas una distribución de “barco grande” en su interior, además de aumentar en gran medida su seguridad. No está de más decir que las chalupas boniteras de finales del siglo XIX desprovistas de cubierta, fueron prohibidas debido a que provocaron la pérdida de gran número de vidas humanas en sus naufragios.

Las primeras Merluceras no pasaban de unos escasos 10 m de eslora y 2,5 m de manga, aunque con el paso del tiempo han ido creciendo hasta llegar a una eslora entorno a los 15m y una manga de 3,5 m.

Se puede decir que la Merlucera es una bonitera a escala, y desde luego su casco así lo confirma con sus formas. Sin embargo su superestructura se caracteriza porque su puente no “trepa” hasta el segundo piso como lo hace en sus hermanas mayores, sino que conforma un único volumen con el guardacalor.

De su denominación se podría decir erróneamente que dedica sus mareas exclusivamente a la pesca de la merluza, pero esto no es así. En realidad es una embarcación polivalente, y de hecho es muy frecuente verlas armadas de un par de varas de eucalipto para conformar el curricán, arte a la cacea utilizada en la costera del bonito y provista de cebos artificiales. Antiguamente se utilizaban mazorcas de maíz como “reclamo” en sus anzuelos, en la actualidad se ha incluido el plástico en su confección, dándoles formas de calamar en vivos colores. Otras artes utilizadas por la merlucera son el bolinche y el palangre para lo cual suelen ir provistas de una maquinilla con el fin de poder virarlas al izarlas a bordo.



Imagen 1.1. Merlucera de 15 metros de eslora.

2.2. BONITEROS:

A lo largo del Siglo XX las boniteras del cantábrico han experimentado una gran evolución. En la primera década se dio el gran salto de la vela al vapor, conservándose las formas en los cascos de los barcos de vela con sus popas en forma de “cola de pato”.

El siguiente avance fundamental se produce en los años 40 con la aparición de los motores diésel, trayendo consigo un aumento de la potencia y consecuentemente de la eslora. En los 50 las popas pasan a ser de “crucero” y las superestructuras se redistribuyen en 2 pisos. Aparecen los viveros a proa popa del guardacalor con la misión de conservar el cebo vivo, creándose así una nueva modalidad de pesca, sustituida por el curricán.

A partir de los años 70 cambia la decoración de los cascos desapareciendo los “oculi” o “begijek” adoptados desde tiempo inmemorial de una vieja tradición fenicia, y empiezan a dibujarse en las proas los escudos de los puertos o del armador, flanqueados por grandes “alas” en cada amura, teniendo cada astillero su propio diseño. Podría decirse que se rubicán de esta forma tan elegante las construcciones.

Las ultimas boniteras de casco de madera se construyen en los 90, incorporando la hidráulica como gran avance en sus aparejos y por supuesto la electrónica, con la revolución que ha supuesto la integración del GPS entre sus ayudas a la navegación además de la instalación en los ordenadores de a bordo de todo tipo de software imaginable aplicado a la pesca.



Imagen 1.2. Bonitero de 1950.



Imagen 1.3. Bonitero de 1960.



Imagen 1.4. Bonitero de 1970



Imagen 1.5. Bonitero de 1990.



Imagen 1.6. Boniteros actuales.

3. LA PESCA DEL BONITO:

El atún blanco se le denomina bonito del norte, cuando se pesca en el mar Cantábrico, aunque no tiene nada que ver con la especie de bonitos y suele llevar a confusión y creer que el bonito es igual que el atún. Tiene una longitud de hasta 140 centímetros y pesos de hasta 60 kilogramos. Se le diferencia del atún rojo porque posee una aleta pectoral más grande que la del atún común y unas rayas oblicuas de color oscuro en ambos lados de la zona dorsal. El atún blanco es un preciado alimento, comercialmente se pesca con anzuelo para que el pez no sufra y ofrezca una carne de mayor calidad. También es apreciado por pescadores deportivos.

La pesca tradicional con cebo vivo:

Perteneciente a la familia de los atunes, el bonito del norte es una de sus variedades de mayor calidad, ya que se caracteriza por tener un exquisito sabor y una textura más suave que la del resto de su especie. Su captura tiene lugar en el Golfo de Vizcaya, donde la flota de bajura del Cantábrico lo pesca, para después venderlo en la lonja, y trasladarse más tarde fresco a los mercados o procesarse para la industria conservera. La captura de este pescado se remonta a varios siglos atrás, cuando las embarcaciones de los puertos cantábricos se hacían a la mar empleando pequeños botes de remos y vela y pescaban el preciado ejemplar azul con el arte del curricán o la cacea. Tradicionalmente, éste ha sido el estilo más utilizado por los pescadores del norte de España, hasta que, a mediados de este siglo, irrumpió un nuevo arte llamado el cebo vivo.

Mientras que las flotas gallegas y asturianas utilizan principalmente la técnica del curricán, las del País vasco y Cantabria emplean el cebo vivo. Son dos artes tradicionales que utilizan la caña y el anzuelo. Esto significa que el bonito se pesca uno a uno, permitiendo seleccionar aquellos ejemplares de mejor calidad. Asimismo, estas técnicas no implican capturas accidentales de otras especies no deterioran el fondo marino.

La pesca de tenidos a caña se lleva a cabo únicamente en buques de bajura, donde cada tripulante se encuentra de pie sobre una superficie inestable. El marinero debe mantener la caña asida por ambas manos y soportar pesos y tirones de los pescados, que pueden provocarles lesiones. El nuevo sistema de caña permite simplificar el trabajo del pescador, que tendrá las dos manos libres para colocar el cebo en el anzuelo, lanzarlo al agua y controlar en todo momento la caña durante todo el proceso de captura. Además, permite izar sin refuerzo piezas de grandes tumbidos, como los cimarrones.



Imagen 1.7. Pesca tradicional del bonito del norte.

Capítulo 2, Planta propulsora.

INTRODUCCIÓN:

En este apartado del proyecto se estudia la predicción de potencia por medio de un método estadístico de tal forma que se puede definir el sistema propulsivo que se instala sin recurrir a ensayos con modelos a escalas en un canal de ensayos hidrodinámicos. Lo idóneo es realizar ensayos de remolque del casco una vez que se tienen definidas las formas del mismo, en algunos casos si se tienen los datos de un ensayo de remolque de un buque similar se puede realizar una predicción de potencia en base a esos datos del ensayo de remolque.

En un proyecto real, una vez definida la potencia que es necesario instalar se realiza el proyecto del propulsor en que se selecciona la hélice que se va a montar. Posteriormente se determinarán las revoluciones óptimas del propulsor que garanticen el empuje y la ausencia de cavitación. Por último, se complementa el proyecto propulsivo con el proyecto de timón en que se definen sus dimensiones principales garantizando unas características mínimas de maniobrabilidad.

No se ha calculado lo que se ha citado en el párrafo anterior ya que no se ha considerado objeto de este proyecto.

1. ESQUEMA DEL EQUIPO PROPULSIVO:

El barco objeto de proyecto es un buque pesquero y partiendo de información buques similares y del buque base se concluye que el esquema propulsivo puede tener las siguientes configuraciones:

- Motor propulsor diésel semirápido, reductora con toma de fuerza para alternador y hélice de paso controlable.
- Motor propulsor diésel semirápido, reductora y hélice de palas fijas.
- Motor propulsor diésel semirápido, reductora y hélice de paso controlable.

Para este proyecto se ha seleccionado el esquema de propulsión de reductora con toma de fuerza para alternador y hélice de palas controlables. Aunque no se haya calculado nada sobre la hélice

Existen proyectos de investigación cuyo fin es determinar la bondad del uso de propulsiones eléctricas en pesqueros, e incluso se han documentado pesqueros de bajura con propulsiones eléctricas contruidos a final de la década pasada. Parece lógico pensar que la propulsión eléctrica por su versatilidad y adaptabilidad sería muy adecuada a la propulsión de pesqueros, pero se desestima tal opción ya que el mantenimiento de las propulsiones eléctricas implica la participación de tripulación muy especializada que difícilmente se enrolaría en barcos pesqueros.

2. ESTIMACION PRELIMINAR DE LA POTENCIA INSTALADA:

En esta fase del proyecto se realiza una estimación de la potencia propulsora poco exacta buscando poder estimar la potencia necesaria a instalar en nuestro pesquero.

En barcos de mayor porte lo más habitual es el uso de la fórmula del almirantazgo buscando la constante de almirantazgo por medios estadísticos sobre una base de datos. En el buque objeto de proyecto no resulta muy adecuado ya que la potencia instalada en los pesqueros además de estar condicionada a toda una serie de legislaciones que desvirtúa cualquier resultado al que se llegase por este procedimiento.

Por ello en esta fase del proyecto se recurre al método de predicción de potencia descrito en la publicación número 131 del canal de Experiencias hidrodinámicas del Pardo de Amadeo García Gómez: “*Predicción de potencia y optimización del bulbo de proa en buques pesqueros*”.

El método descrito ofrece dos opciones para el cálculo o tener los datos del barco (superficie mojada del casco, áreas...) o aplicar unas fórmulas estadísticas en las que entrando con las dimensiones principales se estiman los valores desconocidos. En este caso se aplican las fórmulas descritas de manera que aplicando un margen de seguridad de un 5% (como recomienda el propio autor) se cubran las desviaciones inherentes en todo método estadístico.

El método de predicción de potencia se ha usado los siguientes valores:

$L_{pp} = 39\text{m}$
$B_d = 8,856\text{m}$
$T_d = 3,380\text{m}$
$CB = 0,627$

Velocidad en pruebas se estima en 12 nudos, requerida en las especificaciones del proyecto.

$\eta_D = 0,6$ según las recomendaciones del autor al no tener datos sobre el proyecto de la hélice usada.

$\eta_m = 0,96$, ya que el buque proyecto tiene reductora basándose en el esquema de propulsión de los buques recopilados en la base de datos.

$L_{wl} = 38,800\text{ m}$, estimado por medios gráficos en los planos que se disponen de buques similares.

De manera que en primera aproximación, considerando que la velocidad en pruebas se alcanza al 100% de la potencia del motor y con la incertidumbre asociada al método usado la potencia instalada nunca es inferior a 800kW.

2.1. PREDICCIÓN DE LA POTENCIA:

Se va a calcular la predicción de potencia mediante el método de Amadeo García Gómez que permite calcular la resistencia al avance de los buques con bulbo en función de un buque teórico sin bulbo. Para determinar la predicción de potencia del buque sin bulbo, el autor desarrolla un método basado en los resultados de ensayos realizados en el canal de experiencias Hidrodinámicas del Pardo con cuarenta y cinco modelos de buques con esloras comprendidas entre 25 y 60 metros. Para determinar la predicción de potencia de los buques con bulbo el autor completa el método desarrollado para pesqueros sin bulbo. García Gómez en este caso analizó otra base de datos del Canal de Experiencias del Pardo, independiente de la primera, con cuarenta y siete modelos de pesqueros con bulbo de proa y esloras entre 25 y 60 metros.

Como ya se ha expuesto el método de Amadeo García Gómez son realmente dos métodos, uno es un método de predicción de potencia para pesqueros sin bulbo de proa y basado en este se estima la predicción de potencia de los pesqueros con bulbo de proa.

Los rangos de aplicación del método y el cumplimiento de los mismos del buque proyecto se detallan en los siguientes valores:

- Eslora entre perpendiculares (L_{pp}) del buque 39 metros. El valor máximo utilizable en este método es 60m y el valor mínimo 25m.
- El número de Froude del buque proyecto es 0,332. El valor máximo utilizable en el método de Amadeo García es 0,25 y el máximo 0,40.
- Por último el coeficiente de esbeltez que es ($CB \cdot B / L_{pp}$). El buque proyecto tiene el valor de 0,157. y el valor mínimo utilizable es 0,095 y el máximo 0,165

2.1.1. RESISTENCIA AL AVANCE DE PESQUEROS SIN BULBO DE PROA:

El autor parte del esquema habitual que divide la resistencia al avance en tres componentes

$$R_{TOTAL} = R_{FRICCIÓN} + R_{RUGOSIDAD} + R_{RESIDUAL}$$

Que en forma de coeficientes adimensionales sería:

$$R_{TOTAL} = [C_F + C_A + C_R] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$$

La eslora de desplazamiento coincide con la eslora en la flotación al ser buques sin bulbo. Si se desconoce el método proporciona una expresión que permite estimar la eslora de desplazamiento en función del volumen de desplazamiento y de la eslora entre perpendiculares del buque:

$$L_D = L_{WL} = 1,11 \cdot \sqrt[3]{V} + 0,874 \cdot L_{PP} - 2,56$$

La resistencia añadida debida a la rugosidad propone calcularla aplicando la expresión elaborada en el Canal de El Pardo en función de la eslora entre perpendiculares y el coeficiente de bloque referido a dicha eslora:

$$C_A = 10^{-5} \cdot [69 + 200 \cdot \frac{C_B \cdot B}{L_{PP}} - 0,26 \cdot L_{PP} + \frac{1300}{L_{PP}} - 29,5 \cdot \log(L_{PP}) + 17 \cdot \frac{B}{T} - \left(\frac{B}{T}\right)^2]$$

Para calcular la resistencia residual el método aporta una expresión que da la fracción de la resistencia residual (RR) respecto a la resistencia total (RT) del buque, en función de las formas del buque y de la velocidad adimensionalizada por el número de Froude referido a la eslora entre perpendiculares:

$$\frac{RR}{RT} = 1,24 \cdot \frac{C_B \cdot B}{L_{PP}} + 0,265 \cdot F_N^2 + 2,151 \cdot F_N - 0,298 \dots$$

De forma que el coeficiente de resistencia total sería:

$$C_T = C_F + C_A + C_T \cdot \frac{RR}{RT} < - > C_T = \frac{C_F + C_A}{1 - RR/RT}$$

Para la obtención de la superficie mojada Amadeo García Gómez da una serie de expresiones:

- Superficie mojada sin apéndices en función de la eslora entre perpendiculares y el volumen de carena.

$$S = 3,019 \cdot \nabla^{\frac{2}{3}} + 0,602 \cdot L_{PP} \cdot \nabla^{\frac{1}{3}} - 1,7$$

- La superficie mojada de un timón montado en un codaste cerrado. La estima como una fracción del área de deriva del buque.

$$S_{TIM} = 0,1 \cdot L_{PP} \cdot T_M$$

La superficie mojada de una tobera es función de la longitud de la tobera y del diámetro de la hélice.

$$S_{TOB} = 1,13 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot [2 \cdot \frac{l}{D}]$$

Si el diámetro d la hélice es desconocido se puede estimar en función de la eslora entre perpendiculares.

$$D = 1 + \frac{L_{PP}}{0,07 \cdot L_{PP} + 20}$$

De tal forma que ya se tienen todos los elementos para calcular la resistencia al avance del buque sin bulbo.

2.1.2. RESISTENCIA AL AVANCE DE PESQUEROS CON BULBO DE PROA:

El método plantea calcular la desviación en la resistencia residuo de los buques con bulbo respecto a la calculada a los buques sin bulbo. Alcanzándose la siguiente expresión lineal respecto a la relación eslora manga, donde los coeficientes de la relación están dados por regresiones en función de número Froude referido a la protuberancia máxima del bulbo (l_{bul}).

La desviación de la resistencia residuo está dado en forma porcentual:

$$\%DES = 100 \cdot \left[\frac{(RR/RT)_{SB}}{\left(\frac{RR}{RT}\right)_{CB}} - 1 \right] = a \cdot \frac{L_{PP}}{B} + b$$

Los subíndices “SB” y “CB” se refieren, respectivamente, a los casos sin bulbo y con bulbo.

Y los coeficientes a y b están dados por las expresiones:

$$a = -47,3(F_{nbul})^3 + 292,7 \cdot (F_{nbul})^2 - 579,7 \cdot F_{nbul} + 351,7$$

$$b = 166,7 \cdot (F_{nbul})^3 + 1037,6 \cdot (F_{nbul})^2 + 2062,8 \cdot F_{nbul} - 1244,8$$

Donde:

$$F_{nbul} = \frac{V}{\sqrt{g \cdot l_{bul}}}$$

Se calcula la fracción de la resistencia residuo frente a la resistencia total con bulbo:

$$\left(\frac{RR}{RT}\right)_{CB} = \frac{\left(\frac{RR}{RT}\right)_{SB}}{1 + \%DES}$$

La superficie mojada del casco con bulbo y sin apéndices se calcula con:

$$S = 4,420 \cdot \nabla^{\frac{2}{3}} + 0,378 \cdot L_{PP} \cdot \nabla^{\frac{1}{3}} - 26,5$$

La potencia remolque o potencia efectiva se calcula como: $PE = RT \cdot V$

La potencia entregada a la hélice por la línea de ejes es: $PD = 2\pi \cdot Q \cdot n$

De forma que el rendimiento propulsivo es: $\eta_D = PE/PD$

La potencia al freno se relaciona con el rendimiento mecánico de la línea del eje con: $PF = PD/\eta_m$

Para el cálculo del rendimiento propulsivo el método de Amadeo García Gómez propone una expresión que lo estima en función de las RPM del propulsor y las dimensiones principales del casco:

$$\eta_D = 0,6 - 0,00009 \cdot RPM \cdot L_{PP}^{0,5} + 0,002 \cdot L_{PP} + 0,03 \cdot B/T$$

Si se desconocen las RPM del propulsor se estima $\eta_D = 0,600$. El método propone que el rendimiento mecánico tendrá un valor comprendido entre 0,94 en el caso de esquemas de propulsión con reductor y 0,97 en el caso de esquemas de propulsión con el motor directamente acoplado al propulsor.

2.1.3. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE LA PROPULSIÓN:

Este método se ha mecanizado por medio de una hoja de cálculo de la que se muestran los resultados numéricos y gráficos:

Tabla 1.1. Resultados de la estimación propulsora.

Velocidad (Kn)	Potencia al freno(kW)
1	0,22
2	1,61
3	5,12
4	13,62
5	25,19
6	45,68
7	75,13
8	126,28
9	198,67
10	310,07
11	476,54
12	719,61

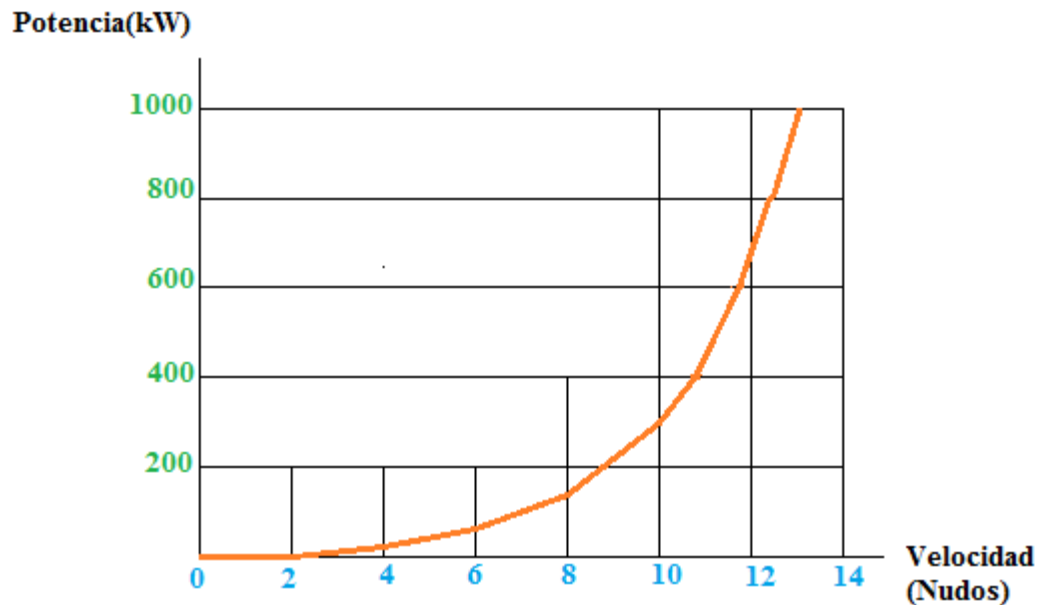


Imagen 1.1. Estimación de la potencia mediante el método de Amadeo García Gómez

La potencia al freno demandada para la propulsión a la velocidad en pruebas definida en las especificaciones de proyecto (12 nudos) es de 719, 61 kW. Se supone que la velocidad en pruebas se logrará con el motor propulsor en M.C.R.

A otras velocidades diferentes de la velocidad en pruebas existe una potencia del motor propulsor residual que se utiliza para generar potencia eléctrica por medio de un alternador acoplado en la reductora. En este caso el motor no requiere sobredimensionarse para contemplar la demanda del alternador que entrará en funcionamiento a velocidades menores que la velocidad en pruebas.

Se incorpora un margen de mar respecto a la potencia requerida en a velocidad de pruebas, que al no estar definido en las especificaciones del proyecto se toma de un 15% y un factor de ensuciamiento del casco de un 10% de manera que como mínimo el motor propulsor suministrará a la línea de ejes una potencia de 850kW.

3. ELECCIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL:

A la hora de seleccionar el motor propulsor además de garantizar la potencia requerida se plantean unos requisitos adicionales:

- No se consideran aquellos motores cuyo número de cilindros sea múltiplo del número de palas del propulsor, con el fin de evitar la elección de un motor principal que pueda ocasionar la aparición de vibraciones torsionales elevadas.
- Que la velocidad de giro del propulsor sea tal que la relación de reducción permita el uso de una reductora ajustada en cuanto a su peso y a la capacidad de potencia que puede absorber.
- Que el motor permita su mantenimiento en el interior de la cámara de máquinas, siendo en este caso el factor crítico el desmontado de los cilindros.
- La velocidad de giro será tal que permita que el conjunto de motor y reductora entren en la cámara de máquinas.
- Además de esto se podrán tener en cuenta los siguientes criterios de selección:
 - Precio de adquisición.
 - Precio de mantenimiento.
 - Consumos mínimos.
 - Peso y empacho.
 - Marca.
 - Preferencia del armador.

Se ha seleccionado el motor del fabricante Caterpillar ya que buques similares llevan esta marca y están muy satisfechos con el rendimiento y resultados. El modelo elegido es el “C3512B, de 1180 kW a 1600 RPM”.



Imagen 2.2. Motor Principal "Caterpillar C3512B"

4. REDUCTORA:

A la hora de seleccionar la reductora es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La relación de reducción será tal que permita que el motor y el propulsor funcionen dentro de las velocidades determinadas en el proyecto del propulsor y en las especificaciones del motor, evitando sobrecargas de hélice y motor.
2. La reductora será capaz de absorber la máxima potencia que pueda generar el motor propulsor sin comprometer su integridad.
3. La reductora seleccionada no estará sobredimensionada buscando absorber mucha más potencia que la estrictamente necesaria evitando aumentar el peso de la misma y el empacho en la cámara de máquinas.
4. La reductora seleccionada tendrá la posibilidad de instalar una toma de fuerza para conectar el alternador.

Con estas premisas se ha seleccionado una reductora Reintjes modelo LAF 763 L, que permite absorber hasta 1000kW en un orden de 1Kw/RPM y una relación de reducción de 4,192.

Con la información suministrada por el fabricante se tienen las siguientes características para la reductora instalada:

Reductor Reintjes LAF 763 L (LAF: específico para hélices de paso controlable)
Ratio de reducción: 4,192
Potencia máxima de entrada: 1 kW/RPM
Ancho sobre los polines: 1300 mm.
Ancho en la base: 680 mm.
Altura de la base al eje de salida: 530 mm.
Altura del eje de entrada respecto al eje de salida: 490 mm.
Altura total respecto al eje de entrada: 600 mm.
Altura polines al eje de entrada: 330 mm.
Largo del acoplamiento para el eje de entrada: 105 mm.
Largo del bloque de la reductora: 950 mm.
Largo del bloque de la reductora incluido PTO: 1250 mm.

Tabla 1.2. Reductora Reintjes LAF 763 L.

Capítulo 3, Planta eléctrica.

INTRODUCCIÓN.

En este apartado se realizará el balance eléctrico aproximado de todas las cargas a bordo del buque. La planta eléctrica de un buque de estas características tiene una gran importancia en el planteamiento y diseño del buque, pues la potencia instalada es del orden de la mitad de la potencia propulsora. Además dependen de ella ciertos servicios sin los que el buque no tendría sentido.

De esto se desprende que la mayor demanda eléctrica del buque se producirá cuando se encuentre faenando. Los elementos característicos de una planta eléctrica de un buque son los siguientes:

- Grupos generadores.
- Cuadro principal.
- Elementos de protección de generadores y consumidores.
- Red de distribución y acumuladores.
- Generador de emergencia.
- Consumidores.

La instalación eléctrica del buque deberá ajustarse a los requerimientos de:

- Reglamento de la administración Española
- Convenio de Seguridad de la Vida en la Mar.
- . Sociedad de clasificación.

En general, los sistemas eléctricos de los buques son de una calidad superior a la estándar pues deben sobrevivir un periodo muy largo en condiciones adversas de salinidad, alta conductividad del casco y el agua del mar, humedades....

Los aislamientos y el acabado de la instalación requieren por tanto un extra de calidad respecto a otros usos industriales en tierra.

1. PRE-DISEÑO DE LAS PLANTAS GENERADORA.

La capacidad de las Planta Generadora es un factor importante en la determinación del peso, espacio y coste total del sistema eléctrico.

Es importante que la elección de la capacidad de los generadores no sea mayor a la necesaria y para eso se debe hacer un análisis de potencias para dimensionarlo de la manera correcta.

1.1. ANÁLISIS DE LA POTENCIA DE CARGA.

Se emplea para determinar las exigencias de la potencia instalada de todos los servicios consumidores de energía eléctrica en las diversas condiciones de trabajo del buque. La demanda de la mínima potencia es de una relevancia especial cuando utilizamos motores diésel que accionan los generadores, con el fin de evitar mantenimientos excesivos por funcionamiento en períodos largos de tiempo con cargas ligeras.

Los constructores de buques deben asignar los factores de utilización de funcionamiento para cada aparato del equipo individualmente en cada condición de trabajo. Estos factores cuando se multiplican por la carga conectada para cada aparato de cualquier equipo, dará la carga solicitada por estos en cada condición solicitada.

1.2. FACTORES DE UTILIZACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.

Cada utilización del equipo debe ser considerado desde el punto de vista del servicio que desarrolle en la planta eléctrica y en función de su trabajo, determinado por la experiencia y puede variar en la medida que cambie las condiciones del servicio.

Los factores de utilización de funcionamiento se utilizan como sigue:

-La carga conectada, potencia total absorbida en kW, para cada aparato del equipo individualmente, se multiplica por cada uno de los factores de utilización. Los productos resultantes de las multiplicaciones, son las cargas demandas de ese aparato en particular del equipo para las diversas condiciones del equipo.

-La carga total demandada para cada condición de trabajo se determina sumando las cargas individuales.

El control del buque en emergencia incluirá los equipos y sistemas siguientes:

- Gobierno.
- Auxiliares Vitales para Propulsión
- Ventilación.
- Comunicaciones de Emergencia.
- Alumbrado de Emergencia.
- Radar.
- Bombas Contra Incendios.
- Comunicaciones Interiores.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL BUQUE.

2.1. LISTA DE CONSUMIDORES.

La falta total de energía suministrada por la planta eléctrica principal, supone una situación muy grave en la operación y seguridad del buque, y es lo que se le denomina "Black-Out" o "Caída de panta" y para evitar esta situación se dispone uno de los generadores que actuará en caso de emergencia.

Estos generadores deberán poderse arrancar, aun cuando el buque no se encuentre en condiciones de navegabilidad y deben suministrar la energía necesaria para abastecer a los servicios esenciales y de emergencia.

A continuación se desglosa estos sistemas:

- Servicios Esenciales: son aquellos que son vitales para el mantenimiento de unas condiciones de propulsión, maniobrabilidad, seguridad y un mantenimiento mínimo de habitabilidad y conservación de la carga.

En general las Sociedades de Clasificación suelen incluir los servicios relacionados con:

- Propulsión, maniobrabilidad navegación y seguridad del barco.
- Seguridad de los Pasajeros y Tripulantes.
- Condiciones mínimas de habitabilidad.
- Equipos específicos relativos a la dotación del Barco.
- Mantener en perfectas condiciones la carga.

Estos equipos que se pueden dividir en:

Equipos Primarios: Son aquellos que se necesitan mantener en continua operación.

- Control del Gobierno
- Auxiliares a las Máquinas Principales.
- Ventiladores cámara de máquinas.

Equipos Secundarios: Son aquellos que no se necesitan mantener en continua operación pero deben estar disponibles en cualquier momento.

- Luces de Navegación.
- Bomba contra incendio
- Bomba de Lastre.

Los relacionados para mantener unas condiciones mínimas de habitabilidad son:

- Cocina.
- Calefacción.
- Agua sanitaria y dulce.
- Refrigeración Domestica

Propulsión y seguridad del buque:

- Compresores aire
- Bombas lastre
- Bombas sentinas
- Bombas agua circulación y refrigeración
- Bombas circulación condensador
- Bombas extracción condensador
- Ventiladores servicios refrigeración de carga
- Bombas agua alimentación
- Sistemas de detección contra incendios
- Bomba contra incendios
- Bombas refrigeración inyectoras
- Bombas lubricación

Habitabilidad:

- Cocina Calefacción
- Refrigeración doméstica
- Ventilación mecánica
- Agua dulce y sanitaria

Perteneciendo a los servicios esenciales están los siguientes consumidores en este buque:

Los consumidores alimentados a 400V son:

- Transformador.
- Inversor.
- Bomba C.I.
- Bomba lastre y sentinas.
- Unidad Hidráulica de válvulas de sentinas.
- Puertas estancas.
- Bombas sentinas.
- Servomotor.
- Chigre.
- Ventilador local C.M.
- Sistema iluminación principal.
- Ayudas a la navegación.
- Luces navegación.
- Bombas combustibles.
- Separadoras centrifugas.
- Compresores.
- Accionamientos servo.
- Molinete.

Otros servicios conectados:

- Bombas pre lubricación.

- Compresor aire de arranque.
- Bomba refrigeración.
- Limpiaparabrisas.
- Compresor aire arranque.
- Equipo hidráulico de válvulas.

Cuando la demanda de potencia no es excesivamente alta, se pueden utilizar generadores de 250 V o transformadores de tensión.

La mayoría del alumbrado y otros pequeños consumidores funcionan a 250 V.

- Alumbrado exterior.
- Alumbrado Emergencia.

Reserva:

- Cuadro servicios Puente.
- Cuadro servicios Máquinas.
- Radar.
- Consola de control.
- TV. Supervisión.
- Cargador de baterías.
- Calefacción.
- Cuadro luces de navegación.
- Radio.
- Calefacción cárter del G.E.

Sistemas de avisos y alarma general:

- Alarma CO2.
- Alarma enfermería.

2.2. ELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

Cuando se aborda el estudio de la planta eléctrica de un buque hay que tener en cuenta una serie de características especiales derivadas, en primer lugar, de su carácter autónomo y en segundo, del hecho de estar inmersa en el ambiente marino.

Entre otras, son dignas de destacar:

- Los materiales utilizados: conductores, circuitos magnéticos, aislantes y demás elementos deben poseer las mejores propiedades eléctricas, resistencia mecánica y química, a un coste razonable.
- Los aspectos relativos a la seguridad para las personas, el buque, su carga y el medio ambiente, deben cuidarse especialmente.
- El peso y volumen ocupado por la instalación deben ser mínimos.
- Los equipos deben ser fáciles de operar.
- El hecho de que el buque sea un sistema autónomo, sin posibilidad de auxilio o conexión inmediata a otras instalaciones, obliga a disponer a bordo de todo tipo de elementos y servicios auxiliares y a diseñar sistemas redundantes y de emergencia.

-Extrema dureza del entorno marino: los equipos están situados sobre una plataforma no siempre horizontal que sufre inclinaciones importantes; además, el nivel de vibraciones puede ser importantes y existe una humedad salina altamente corrosiva.

-La obligatoriedad de cumplimiento con una serie de reglamentos en los que se reflejan la práctica totalidad de condicionantes que afectan a la seguridad. Dentro de este campo debemos mencionar en primer lugar, el capítulo II-1-D del reglamento de SEVIMAR, de cuyo cumplimiento se ocupa en España la Dirección General de la Marina Mercante a través de la Inspección General de Buques. En segundo lugar, por lo que se refiere a los buques de pesca y las embarcaciones de recreo, cabe señalar que son de aplicación algunas Directivas Europeas.

-Finalmente hemos de aludir a los reglamentos de las Sociedades de Clasificación ampliamente difundidas por todo el mundo y que constituyen un auténtico elemento de control de calidad de los buques.

Todas las instalaciones eléctricas que se realizan a bordo hoy en día se realizan en corriente alterna. La corriente alterna presenta multitud de ventajas frente a la continua, entre las que cabe destacar las siguientes:

-Más amplio campo de niveles de tensión que se pueden utilizar.

-Facilidad para el uso de varias tensiones distintas.

-Menor coste, peso y empacho de los grupos generadores.

-Menor coste, peso y empacho de los motores eléctricos.

-Mayor robustez y más fácil mantenimiento de generadores y motores.

-Posibilidad de alimentar el buque con la red de puerto.

Por tanto, y salvo excepciones, la generación y distribución eléctrica a bordo se realizará mediante corriente alterna.

3. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

A continuación comentaremos los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar nuestra instalación eléctrica y la reglamentación de la sociedad de clasificación, que utilizaremos para realizar los cálculos de la instalación.

La potencia reactiva no es una potencia realmente consumida en la instalación, ya que no produce trabajo útil debido a que su valor medio es nulo. Aparece en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores, y es necesaria para crear campos magnéticos y eléctricos en dichos componentes. Se representa por Q y se mide en voltiamperios reactivos (VAr). La compañía eléctrica mide la energía reactiva con el contador (kVArh) y si se superan ciertos valores, incluye un término de penalización por reactiva en la factura eléctrica.

La potencia activa representa la capacidad de una instalación eléctrica para transformar la energía eléctrica en trabajo útil: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es realmente la consumida en una instalación eléctrica. Se representa por P y se mide en vatios (W). La suma de esta potencia activa a lo largo del tiempo es la energía activa (kWh), que es lo que factura la compañía eléctrica.

La potencia aparente es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva. Se representa por S y se mide en voltiamperios (VA). Para una tensión dada la potencia aparente es proporcional a la intensidad que circula por la instalación eléctrica.

Dado que la potencia activa (P) es la que define el trabajo útil en la instalación podemos considerarla fija. Por tanto a mayor potencia reactiva (Q) mayor potencia aparente (S) y por tanto mayor circulación de intensidad por la instalación eléctrica.

Es decir, si en una instalación eléctrica existe potencia reactiva (Q), hace que la intensidad que circula sea mayor que la necesaria para el trabajo útil demandado.

3.1. SUMINISTRO DE POTENCIA DE EMERGENCIA. REQUISITOS GENERALES.

La misión de la planta de emergencia es suministrar la energía eléctrica necesaria para alimentar todos los servicios que sean esenciales para la seguridad en caso de fallo de la fuente principal de potencia eléctrica. Estos consumidores de emergencia deben funcionar en la situación de emergencia. Todos los servicios de emergencia deben poder alimentarse desde la planta principal, y en caso de fallo, desde la de emergencia, también denominada de socorro.

La fuente de potencia eléctrica de emergencia será independiente de la fuente principal de potencia.

Todos los grupos electrógenos de emergencia están constituidos por un generador eléctrico accionado por un motor diésel con sistema de arranque propio.

Según SOLAS la capacidad de estos grupos electrógenos será tal que aunque uno cualquiera de ellos se pare sea posible alimentar los servicios necesarios para lograr condiciones operacionales normales de propulsión y seguridad.

Además, los grupos electrógenos serán tales que aun cuando deje de funcionar uno cualquiera de ellos o su fuente primaria de energía, los grupos electrógenos restantes puedan proveer los servicios eléctricos necesarios para el arranque de la planta propulsora principal partiendo de la condición de buque apagado. Cabrá utilizar la fuente de energía

eléctrica de emergencia para el arranque, partiendo de la condición de buque apagado, si dicha fuente puede, sola o en combinación con cualquier otra fuente de energía eléctrica. Cuando una parte esencial del sistema de suministro de energía eléctrica exigido en el presente párrafo esté constituida por transformadores, el sistema quedará dispuesto de modo que se asegure la misma continuidad de suministro que se estipula en el presente párrafo.

Habrà una red de alumbrado eléctrico principal que iluminará todas las partes del buque normalmente accesibles a la tripulación y utilizadas por éstos y que estará alimentada por la fuente de energía eléctrica principal.

La disposición de la red de alumbrado eléctrico principal será tal que si se produce un incendio u otro siniestro en los espacios en que se hallen la fuente de energía eléctrica principal, el correspondiente equipo transformador, si lo hay, el cuadro de distribución principal y el cuadro de distribución de alumbrado principal, no quede inutilizada la red de alumbrado eléctrico de emergencia.

La disposición de la red de alumbrado eléctrico de emergencia será tal que si se produce un incendio u otro siniestro en los espacios en que se hallen la fuente de energía eléctrica de emergencia, el correspondiente equipo transformador, si lo hay, el cuadro de distribución de emergencia y el cuadro de distribución de alumbrado de emergencia, no quede inutilizada la red de alumbrado eléctrico principal prescrita en la presente regla.

La ubicación de la fuente de energía eléctrica de emergencia, será donde ni un incendio o cualquier otro siniestro sufridos en el espacio que contenga la fuente de energía eléctrica principal, no dificultarán el suministro, la regulación ni la distribución de energía eléctrica de emergencia.

En la medida de lo posible, el espacio que contenga las fuentes de energía eléctrica de emergencia, no será contiguo a los mamparos límite de los espacios de máquinas o de los espacios que contengan la fuente de energía eléctrica principal, el correspondiente equipo transformador, si lo hay, y el cuadro de distribución principal.

La misión de la planta de emergencia es suministrar energía eléctrica para el salvamento del buque, o en caso extremo, durante el abandono.

La tensión nominal de los generadores de emergencia puede ser la misma que la de los generadores principales, bien 440 V 60Hz bien a 380V 50 Hz, en este proyecto será la segunda.

No obstante cuando la demanda de potencia no es excesivamente alta, se pueden utilizar generadores de 250 V, tanto trifásico como monofásicos.

El funcionamiento en paralelo del generador de emergencia con el o los principales, no es posible; es más, una precaución de vital importancia que debe tenerse en cuenta es disponer un enclavamiento bien de tipo mecánico, bien eléctrico, entre los interruptores o contactores con los cuales se realiza la conmutación para que en ningún caso el generador de emergencia pueda quedar acoplado a la red al mismo tiempo que un generador principal.

El arranque del grupo de emergencia generalmente es automático, aunque también se puede poner en marcha manualmente, bien desde la cámara de máquinas, bien desde el propio compartimento donde se encuentra situado.

El sistema, si es automático, es capaz de detectar la ausencia de tensión en la red y en un tiempo, regulable a voluntad por el usuario, arrancar el motor primario y una vez analizada la tensión generada por el alternador de emergencia, conectarse a los servicios de emergencia.

El arranque del motor primario suele ser eléctrico alimentado a 24 V o bien neumático en cuyo caso debe disponer de su propia reserva de aire.

Su puesta en servicio ha de ser rápida y podrá realizarse de manera manual, por aire comprimido o por batería de acumuladores. Cualquiera de los dos sistemas podrán ser accionados automáticamente al faltar la tensión de la red de distribución principal. Este requerimiento no es exigido por las sociedades de clasificación pero suele ser solicitada por los armadores. Este automatismo se consigue mediante un relé de tensión que, al faltar la energía normal del barco, acciona el circuito del arrancador del motor eléctrico si el grupo se acciona por batería, o mueve la válvula de entrada a los cilindros si el arranque se efectúa por aire comprimido.

La fuente de energía de emergencia, los equipos de transformación asociados y el cuadro eléctrico de emergencia, no deben instalarse en los locales que contengan la fuente principal de energía eléctrica o de otros equipos que pudieran presentar riesgo de incendio, ni dentro de ningún local o compartimiento que tenga acceso directo a tales locales. En el caso de nuestro pesquero se encuentra en la estructura del castillo de proa como se ve en la siguiente imagen.



Además, el emplazamiento elegido debe estar situado sobre o por encima de la cubierta continua más elevada o equivalente y debe ser fácilmente accesible desde la cubierta abierta. Los locales o compartimentos, donde son instalados la fuente de energía eléctrica de emergencia, los equipos de transformación asociados o el cuadro eléctrico de emergencia, deben estar separados de cualquier sala de máquinas que contenga la fuente principal de energía eléctrica.

El sistema de energía eléctrica de emergencia debe estar dispuesto de tal forma que permita una separación eléctrica total del sistema principal de energía eléctrica. En servicio normal. La alimentación del cuadro eléctrico de emergencia debe provenir del cuadro principal mediante un cable de interconexión, la instalación debe ser tal que esta interconexión sea interrumpida automáticamente en el caso de fallo de la fuente principal de energía eléctrica.

Los dispositivos de arranque y de conexión automática deben ser conformes a las prescripciones de la autoridad competente.

El funcionamiento de los sistemas de energía eléctrica de emergencia debe estar asegurado en caso de incendio en el espacio o espacios que contienen la fuente principal de energía eléctrica.

3.3. ELECCIÓN DE LA TENSIÓN.

Dentro de la red de distribución a bordo se suelen considerar dos sub-redes. Por un lado la de fuerza, que se encarga de los consumidores de mayor potencia, como motores, etc. Por otro lado la red de alumbrado, que alimenta tanto el alumbrado interior como exterior, así como pequeños consumidores de la zona de habilitación y los sistemas electrónicos de navegación, control, etc.

Respecto a la red de fuerza, la tensión más utilizada era 380 V a 50 Hz., ahora es 400V a 50 Hz. que es la más utilizada en Europa y 440V-60 Hz., que es la más utilizada en América.

Teniendo en cuenta que la zona de operación del buque es en Europa, optamos por la primera configuración, que será más adecuada para su integración con los equipos en tierra.

Para la red de alumbrado, el valor más usual es el de 220 V y 50 Hz. En monofásica. Pero desde hace unos años el valor es de 250 V y 50 Hz. Para obtenerla dispondremos de un transformador 400/250 V. Para cubrir el servicio de los consumidores de 250V de la habilitación y consumidores domésticos se dispondrá un transformador 400/250 V.

Se dispondrá una red de corriente continua de 24 V que alimentará las luces de navegación, las luces de señales, las luces de Morse, los aparatos de navegación y comunicaciones y el motor de arranque del generador de emergencia.

3.4. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN A BORDO.

Existen dos formas diferentes de conectar los devanados de un generador, en estrella y en triángulo. El primero nos permite distribuir la corriente utilizando cuatro conductores (L1, L2, L3 y neutro), mientras que el segundo sólo con tres conductores es el que utilizamos. Por otra parte, según el tipo de conexión del neutro, se obtienen tres tipos o sistemas de distribución:

- Neutro aislado (flotante).
- Conexión real del neutro a tierra.

- Conexión del neutro a tierra limitada

El sistema utilizado en las redes de baja tensión en tierra es el segundo de tal forma que los consumidores 400 V se conectan entre fases y los de 250 V entre una fase y neutro. Sin embargo, a bordo, el sistema más utilizado, salvo para redes de alta tensión, es el sistema de neutro aislado.

minutos podrán ser aumentadas si las condiciones de explotación lo exigen y si la construcción del generador lo permite.

d) Para las sobrecargas superiores al 50%, el disparo instantáneo debe estar coordinado con la protección selectiva de la instalación. Con el fin de proteger los generadores, se intercalan en el circuito una serie de dispositivos, generalmente electrónicos, cuyas funciones son las de vigilancia, disparo de alarmas o incluso la desconexión del grupo.

Entre otros podemos señalar:

- El relé vigilante de tensión: Se trata de un dispositivo electrónico capaz de detectar valores de tensión inferiores (subtensiones) o superiores (sobretensiones) a los programados.
- Relé vigilante de frecuencia: Es un dispositivo que controla la duración de un periodo de la corriente generada, o lo que es lo mismo la frecuencia de la misma. Pueden detectar tantos valores altos (sobrefrecuencia) como valores bajos (subfrecuencia) de la frecuencia programada y pueden actuar, instantáneamente o con un cierto retardo.
- Relé de corriente independiente: Se trata de un relé electrónico capaz de detectar sobreintensidades a la salida del generador. Actúan con un cierto retardo que pueden ser programados por el usuario. Pueden utilizarse para proteger el generador contra sobrecargas o bien contra cortocircuitos.
- Relé vigilante de potencia: Se trata de un dispositivo, asimismo electrónico, que se activa al sobrepasar la carga el valor o valores previamente programados por el usuario. Suelen tener varias salidas, que pueden actuar, por ejemplo, conectando o desconectando determinados consumidores u ordenar la puesta en marcha y acople de un segundo generador.
- Relé de carga desequilibrada: Es un relé electrónico capaz de detectar el desequilibrio en la carga de un alternador trifásico. El dispositivo compara la carga de cada una de las fases con la media y si la desviación resultante supera la prefijada por el usuario, el relé actuará desconectando el interruptor general.
- Relé de potencia inversa: En caso de que la instalación eléctrica de a bordo esté alimentada por dos o más generadores acoplados en paralelo, estos deben estar provistos de un relé de potencia inversa. Este dispositivo comprueba la dirección del flujo de potencia entre el generador y el cuadro principal. Si una unidad motriz falla, el generador acoplado a la misma podría actuar como un motor. El relé de potencia inversa detecta este defecto y actúa disparando el interruptor del generador.

Protección de los servicios esenciales:

Cuando la carga comprende servicios esenciales y servicios no esenciales, se deberá considerar la instalación de un dispositivo que excluirá automáticamente los servicios no esenciales cuando un generador esté sobrecargado, y que actuará para impedir una disminución prolongada de velocidad.

La exclusión puede ser efectuada en una o varias etapas según la aptitud de los grupos generadores a soportar la sobrecarga.

Protección de los motores:

Los motores de potencia asignada superior a 0,5 kW deben ser protegidos individualmente contra sobrecargas.

Para los motores que deban asegurar un servicio esencial, la protección contra sobrecargas puede ser reemplazada por un dispositivo de alarma; para los motores del timón, la protección contra las sobrecargas debe ser reemplazada por una alarma.

Los aparatos de protección deben estar concebidos para dejar pasar la corriente durante el período de aceleración de los motores en las condiciones normales de empleo.

Cuando la característica de corriente en función del tiempo del aparato de protección contra las sobrecargas no sea adecuada para el periodo de arranque del motor, se puede dejar el aparato inoperante durante este periodo a condición que quede operante contra los cortocircuitos y que la supresión de la protección contra las sobrecargas no sea más que temporal.

Para los motores de servicio continuo, los aparatos de protección deben tener una característica de retardo que permita una protección térmica segura contra las sobrecargas.

Los aparatos de protección deben limitar la corriente máxima en servicio continuo a un valor comprendido entre 105% y 120% de la corriente asignada del motor a proteger.

Para los motores de servicio intermitente, se elegirá la regulación de corriente y la temporización de los aparatos de protección en función de las condiciones reales de servicio.

Protección de los aparatos de medida, lámparas de señalización, circuitos de control y regulación.

Para proteger los circuitos de los aparatos indicadores o de medida, deberán instalarse fusibles o aparatos limitadores de corriente.

Para otros circuitos, por ejemplo los de los reguladores de tensión, no serán provistos de fusibles cuando una falta de tensión pueda tener serias consecuencias. En este caso, se deberán prever medios para eliminar los riesgos de incendio en la parte no protegida de la instalación. Los fusibles deberán situarse lo más cerca posible de la salida de los circuitos.

4.2. TRANSFORMADORES.

Se deberá cumplir con lo dispuesto por las Sociedades de clasificación. Se dispondrán al menos dos transformadores que suministren a los mismos servicios, de forma que en caso de fallo de uno de ellos, estos servicios continúen siendo operativos.

En el buque de proyecto se dispondrán dos transformadores de tensión para suministro de los consumidores de 250 V que se alimentan directamente del cuadro principal y de un acumulador de baterías para los consumidores de 250 V en caso de emergencia ya descrito anteriormente.

Un transformador es una máquina eléctrica estática capaz de convertir una corriente alterna de alta tensión y débil intensidad en otra de baja tensión y gran intensidad, o viceversa.

La transformación de 400 a 250 V/50Hz se realiza mediante transformadores de tensión, al no disponer la instalación eléctrica de la fase neutra con cuatro conductores. Respecto a la corriente continua de 24 V., para la alimentación de los consumidores mencionados anteriormente, se obtendrá partir de baterías de acumuladores, que se cargarán desde la red de 400 V mediante un rectificador.

En un transformador real hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Que tanto el bobinado primario como el secundario tienen una cierta resistencia que provocará una caída de tensión y la correspondiente pérdida por efecto Joule, al circular la corriente por dichos bobinados.
- b) A pesar de que el núcleo está construido de tal forma que las pérdidas debidas sobre todo a la histéresis y a las corrientes de Foucault, son mínimas, dichas pérdidas hacen que la potencia transferida al secundario no sea exactamente la misma que la absorbida por el primario de la red.
- c) Hay que tener en cuenta, también, que se produce una cierta dispersión del flujo magnético a lo largo del núcleo, lo cual se traduce, asimismo, en pérdidas.

La corriente generada a bordo del buque será trifásica, bien de 400 V 50 Hz.

Sin embargo la mayoría del alumbrado y otros pequeños consumidores funcionan a 250V/50Hz.

Los transformadores utilizados a bordo suelen ser refrigerados por aire. Para ello la cubierta que los protege se construye con unas aberturas, con el fin de que el aire pueda circular por el núcleo y los devanados, bien de forma natural o bien utilizando ventiladores.

Suelen estar instalados en las proximidades del cuadro eléctrico principal aunque también suelen montarse dentro del propio cuadro, en cuyo caso, no es necesario que estén dotados de cubierta alguna.

Los transformadores trifásicos utilizados a bordo están constituidos generalmente por tres unidades monofásicas independientes. La alternativa, como hemos visto, consiste en un transformador trifásico. En este caso, si se produce una avería, la máquina debe ser aislada en su conjunto.

4.3. CUADROS ELÉCTRICOS.

Cuadro eléctrico es aquel armario o caja, en cuyo interior se disponen diversos equipos de aparamenta o control.

Los cuadros que nos podemos encontrar a bordo están constituidos generalmente de chapa de acero pintada, debiendo conectarse a tierra, tanto las paredes como las puertas.

Generalmente tienen el fondo total o parcialmente abierto y en los laterales o en el fondo nos podemos encontrar con aberturas adecuadas para el paso de los cables y barras. En el frontal se dispone la puerta. Los cuadros principales pueden disponer también en el fondo de puertas o paneles desmontables.

El conjunto ha de ser de “frente muerto”, lo que significa que ninguno de los elementos accesibles al operador puede estar bajo tensión.

En dicho frente se colocan los elementos de “interface” hombre máquina como instrumentos de medida, interruptores, pulsadores, lámparas de señalización, etc., y en su interior, los elementos de aparamenta y las conexiones de los conductores.

El cuadro debe estar convenientemente ventilado. Generalmente la ventilación es de tipo natural, existiendo para ello aberturas troqueladas o rejillas en la parte inferior y superior. Cuando el calor disipado es importante, como sucede algunas veces puede ser necesario el uso de ventilación forzada. El buque contará con un cuadro principal que se situará en la cámara de máquinas.

Las funciones del cuadro principal serán:

- Ser el punto de conexión de los distintos generadores a la red, incorporando su aparamenta de protección, medida y en parte, la regulación.

- Alojar los elementos del equipo de sincronización, reparto de cargas y protección general.
- Incorporar los convertidores de medidas analógicas y digitales que sirven para transmitir el estado de la planta eléctrica al sistema de automatización.

- El cuadro se divide en módulos que se interconectan mediante las barras principales, que son perfiles rectangulares de cobre a las que se conectan los distintos generadores, consumidores, transformadores, centros de carga...

Otros cuadros situados a bordo son los de distribución, en función del número, potencia y situación de los consumidores a los que alimentan, y los terminales, que pertenecen al último nivel, donde van conectada una o más cargas.

Por último existe el cuadro de conexión a tierra, cuya misión es permitir la alimentación mediante la red terrestre a bordo, cuando el buque se encuentre en puerto, con los grupos parados, situada en la cubierta principal, en la zona de popa en la banda en que normalmente atraque el buque.

4.4. PANELES DEL CUADRO ELÉCTRICO.

La estructura de los paneles es de acero laminado en frío con un espesor mínimo de 2 mm plegado y soldado eléctricamente, con un plegado especial en la parte frontal que impide la entrada de agua y suciedad, cuando la puerta se encuentra en posición abierta y además permite asegurar el grado de estanqueidad indicado en cada partida. La puerta es de acero laminado en frío con el espesor necesario que permite el alojamiento y manipulación de los diversos componentes montados en ella.

Dispone de retenedor de puerta en posición abierta (90°). La puerta se puede bloquear en la posición abierta.

Dispone de bisagras en número suficiente para poder soportar sin deformaciones tanto el peso de la puerta como el de los componentes que en ella van montados, cuando esté en posición abierta y sufriendo las vibraciones y balances propios del buque.

Los cierres son del tipo de cierre rápido, son dos unidades por puerta, suficiente para soportar las vibraciones de la puerta transmitidas por el buque. La placa de montaje de componentes es desmontable y elaborada con chapa de acero laminado en frío con un espesor mínimo de 3 mm. Todos los conductores están etiquetados.

El cuadro eléctrico principal consta de diferentes paneles los cuales vamos a describir en este apartado:

El panel del Generador Principal: Está equipado como mínimo y con lo indicado según reglamento con los siguientes equipos:

- Interruptor automático extraíble bastidor abierto, 380V-50Hz. 3F. de 1000A con sistema de disparo preferencial por sobrecarga.
- Alarma y disparo por alto y bajo voltaje.
- Alarma y disparo por alta y baja frecuencia.
- Alarma y disparo por potencia inversa.
- Control e indicación del interruptor automático principal.
- Vatímetro.
- Amperímetro.
- Voltímetro.
- Frecuencímetro.
- Sistema de supervisión de fugas a masa.
- Equipo de medición de pérdidas.

- Relé de monitorización de Black-out para indicación en puente.

El panel de Control de Acoplamiento o Sincronismo: Está equipado con los controles e instrumentos necesarios para el acoplamiento y control de los interruptores principales de los dos alternadores y de la toma de conexión exterior, formado por:

- Selector pulsadores, común para toda la planta.
- Selector elección generador a conectar en modo pulsadores.
- Selector sincronización modo pulsadores en manual/automática.
- Instrumentos de sincronización como: voltímetro doble, frecuencímetro doble, sincronoscopio y lámparas de sincronismo sistema apagado.
- La toma de tierra esta provista con sincronización automática, para el corto periodo de tiempo de conexión de los interruptores principales a barras y desconexión de la toma de tierra, cuando el buque este recibiendo corriente de tierra.

Panel de Servicios del Buque:

Panel Servicios Nº1:

- Cuadro compresor de aire.
- Cuadro C.I.
- Cuadro pesca.
- Cuadro equipos auxiliares 1.
- Cuadro equipos auxiliares 2.
- Cuadro planta frio.
- Cuadro ventilación Cámara de Maquinas.
- Cuadro cocina.
- Cuadro distribución proa.
- Cuadro distribución popa 1.
- Cuadro distribución popa 2.
- Cuadro distribución popa 3.
- Cuadro taller.

Panel Servicios Nº2: Disponen de doble alimentación.

- Cuadro comunicaciones.
- Cuadro ventilación.
- Cuadro alumbrado.
- Cuadro electrónico.
- Cuadro distribución.

4.5. CUADRO DISTRIBUCIÓN CORRIENTE.

Los cuadros de distribución son los encargados de distribuir corriente al resto de los consumidores a bordo, serán de tipo metálico, de chapa de acero pintada, estando, tanto las paredes como las puertas, conectadas a tierra eficazmente, con objeto de que actúen como pantalla ante las radiaciones electromagnéticas. El conjunto ha de ser de “frente muerto”, es decir que ninguno de los elementos a los que pueda tocar el operador deben estar bajo tensión.

En el frente se situarán los elementos de interfase "hombre-máquina" como lámparas, interruptores, pulsadores, instrumentos de medida. En el interior se sitúan los elementos de aparamenta y las conexiones de los conductores.

La ventilación del cuadro será por convección natural existiendo para ello aberturas troqueladas o rejillas en la parte inferior y superior.

5. PLANTA GENERADORA.

La planta eléctrica principal debe estar constituida, al menos, por dos grupos generadores para garantizar el servicio en caso de que falle uno.

Es de práctica generalizada distribuir la potencia total necesaria a la condición de carga más desfavorable en un número n de generadores de igual potencia, de tal forma que $(n-1)$ generadores puedan suministrar dicha potencia. De esta manera se dispone de un generador de reserva, el cual puede ser permutado circularmente con los demás, permitiendo el reposo periódico de los mismos. Si además dichos generadores son idénticos se reduce considerablemente el número de respetos necesarios.

5.1. ALTERNADOR DE COLA:

En nuestro caso el motor principal genera energía eléctrica mediante un alternador también conocido como PTO. Se ha dimensionado la PTO para que durante el funcionamiento normal del buque sea suficiente para abastecer a la totalidad de los consumidores. Cumplimos de este modo con los reglamentos de la sociedad de clasificación y con la legislación vigente que requiere que el buque cuente con al menos dos generadores de energía, siendo cada uno de ellos capaces de atender a la totalidad de los consumidores.

Al disponer un alternador de cola que demanda una gran cantidad de energía el motor propulsor ha de ser más potente.

5.2. SERVICIOS DE EMERGENCIA.

En este grupo se incluyen todos aquellos consumidores que deben funcionar en una situación de emergencia. Por supuesto todo servicio de emergencia es esencial y debe poder alimentarse desde la planta principal y en caso de fallo de ésta, desde la de emergencia que será desde el otro generador usando el panel de acoplamiento.

La energía eléctrica disponible será suficiente para alimentar todos los servicios que sean esenciales para la seguridad en caso de emergencia, dando la consideración debida a los servicios que puedan tener que funcionar simultáneamente. Habida cuenta de las corrientes de arranque y la naturaleza transitoria de ciertas cargas, la fuente de energía eléctrica de emergencia tendrá capacidad para alimentar simultáneamente como mínimo y durante los periodos que se especifican los servicios siguientes, si el funcionamiento de éstos depende de una fuente de energía eléctrica:

a) Durante un periodo de 3h, alumbrado de emergencia en todos los puestos de reunión y en los embarcos y fuera de los costados.

b) Durante un periodo de 18h, alumbrado de emergencia:

1. En todos los pasillos, escaleras y salidas de espacio de servicio y de alojamiento así como en los ascensores destinados al personal y en los troncos de estos ascensores;
2. En los espacios de máquinas y en las centrales generatrices principales incluidos sus correspondientes puestos de mando;
3. En todos los puestos de control, en las cámaras de mando de máquinas y en cada cuadro de distribución principal y de emergencia;
4. En todos los paños de equipos de bombero;
5. En el aparato de gobierno

6. En la bomba contraincendios, en la bomba de rociadores, si la hay, y en la bomba de emergencia para el achique de sentinas, si la hay, y en el punto de arranque de sus respectivos motores.

c) Durante un periodo de 18 h:

1. Las luces de navegación y demás luces prescrita en el Reglamento internacional para prevenir los abordajes que haya en vigor;
2. En los buques construidos el 1 de febrero de 1995, o posteriormente, la instalación radioeléctrica de ondas métricas prescrita en las reglas IV/7.1.1 y IV/7.1.2;

d) Durante un periodo de 18h:

1. Todo el equipo de comunicaciones interiores necesario en una situación de emergencia;
2. Los aparatos náuticos de a bordo prescritos en la regla V/12; cuando no sea razonable o posible aplicar esta disposición, la Administración podrá dispensar de su cumplimiento a los buques de arqueo inferior a 5 000;
3. El sistema de detección de incendios y de alarma; y 4. haciéndolos funcionar de modo intermitente, la lámpara de señales diurnas, el pito del buque, los avisadores de accionamiento manual y todas las señales interiores que se requieren en una situación de emergencia;

A menos que estos servicios dispongan, para un periodo de 18h, de un suministro independiente procedente de una batería de acumuladores situada de modo que quepa utilizarla en caso de emergencia.

e) Durante un periodo de 18h una de las bombas contraincendios, si en cuanto a suministro de energía depende del generador de emergencia.

f) Durante el tiempo en la regla 29.14 el aparato de gobierno, cuando este se haya de alimentar de conformidad con lo prescrito en esa regla.

g) La fuente de energía eléctrica de emergencia podrá ser un generador o una batería de acumuladores, que cumplirán con lo prescrito a continuación;

Si la fuente de energía eléctrica de emergencia es un generador, éste:

1. Estará accionado por un motor primario apropiado con alimentación independiente de combustible cuyo punto de inflamación no sea inferior a 43°C;
2. Arrancará automáticamente dado que falle el suministro de la fuente de energía eléctrica principal, a menos que haya instalada una fuente transitoria de energía eléctrica de emergencia de conformidad con el párrafo h).3; si el generador de emergencia arranca automáticamente, quedará conectado automáticamente al cuadro de distribución de emergencia; entonces, los servicios que se hace referencia en el párrafo j) se transferirán automáticamente al generador de emergencia; y a menos que el generador de emergencia tenga un segundo dispositivo de arranque independiente, la fuente única de energía acumulada estará protegida de modo que no la pueda agotar completamente el sistema de arranque automático; y tendrá una fuente transitoria de energía eléctrica de emergencia ajustada a lo prescrito en el párrafo 4, a menos que haya instalado un generador de emergencia que pueda alimentar los servicios mencionados en ese párrafo y arrancar automáticamente y suministrar la carga necesaria tan rápidamente como sea posible, sin riesgos y a lo sumo en 45 s.

h) Cuando la fuente de energía eléctrica de emergencia sea una batería de acumuladores ésta podrá:

1. Contener la carga eléctrica de emergencia sin necesidad de recarga, manteniendo una tensión que como máximo discrepe de la nominal en un 12% de aumento o de disminución durante todo el periodo de descarga.

2. Conectarse automáticamente al cuadro de distribución de emergencia en caso de que falle la fuente de energía eléctrica principal.

3. Alimentar inmediatamente los servicios especificados en el párrafo j), como mínimo.

i) La fuente transitoria de energía eléctrica de emergencia prescrita en el párrafo h).3 será una batería de acumuladores convenientemente situada para ser utilizada en caso de emergencia, batería que funcionará sin necesidad de recarga y manteniendo una tensión que como máximo discrepe de la nominal en un 12% de aumento o de disminución durante todo el periodo de descarga, y que podrá, por su capacidad y su disposición, alimentar automáticamente durante media hora por lo menos dado que falle la fuente de energía eléctrica principal o la de emergencia, los servicios siguientes como mínimo, si el funcionamiento de éstos depende de una fuente de energía eléctrica:

1. El alumbrado prescrito en los párrafos a), b), c). Para esa fase transitoria el alumbrado eléctrico de emergencia prescrito podrá proveerse, por lo que respecta al espacio de máquinas y a los alojamientos y espacios de servicios, mediante distintas lámparas de acumulador fijas, de cargas automáticas y accionadas por relé.

2. Todos los servicios prescritos en los párrafos d).1, d).3.y d) 4., a menos que tales servicios dispongan para el periodo especificado de un suministro independiente derivado de una batería de acumuladores convenientemente situada para utilización en caso de emergencia.

j) El cuadro de distribución correspondiente a la fuente de energía eléctrica de emergencia estará instalado tan cerca de ésta como resulte posible.

k) Cuando la fuente de energía eléctrica de emergencia esté constituida por un generador, su cuadro de distribución estará situado en el mismo espacio, a menos que esto entorpezca el funcionamiento del cuadro.

l) Ninguna de las baterías de acumuladores instaladas de conformidad con la presente regla se situará en el mismo espacio que el cuadro de distribución de emergencia. En un lugar apropiado del cuadro de distribución principal o en la cámara de mando de máquinas se instalará un indicador que señale si las baterías que constituyen la fuente de energía eléctrica de emergencia o la fuente transitoria de energía eléctrica.

m) En condiciones normales de funcionamiento el cuadro de distribución de emergencia estará alimentado desde el cuadro de distribución principal por un cable alimentador de interconexión adecuadamente protegido contra sobrecargas y cortocircuitos en el cuadro principal y que se desconectará automáticamente en el cuadro de distribución de emergencia si falla la fuente de energía eléctrica principal.

Cuando el sistema esté dispuesto para funcionar en realimentación, se protegerá también el citado cable alimentador en el cuadro de distribución de emergencia al menos contra cortocircuitos.

n) A fin de asegurar la inmediata disponibilidad de la fuente de energía eléctrica de emergencia, se tomarán medidas cuando sea necesario para desconectar automáticamente del cuadro de distribución de emergencia los circuitos que no sean de emergencia, de modo que quede garantizado el suministro de energía para los circuitos de emergencia.

o) El generador de emergencia y su motor primario, y toda batería de acumuladores y su motor primario, y toda batería de acumuladores de emergencia que pueda haber, estarán

proyectados y dispuestos de modo que funcionen a su plena potencia de régimen estando el buque adrizado o con un ángulo de escora de hasta 22,5° o con un ángulo de asiento de hasta 10° hacia pro o hacia popa, o bien con una combinación cualquiera de ángulos que no rebasen estos límites.

p) Se tomarán las medidas necesarias para verificar en pruebas periódicas todo el sistema de emergencia, incluidos los dispositivos de arranque automáticos.

6. CABLES ELÉCTRICOS MARINOS.

En cualquier instalación eléctrica, los elementos que transportan la corriente desde los generadores a los consumidores, son los conductores.

Los conductores pueden adoptar distintas formas; por ejemplo barras rectangulares o circulares, sin embargo, cuando nos referimos a un conductor, generalmente pensamos en una estructura larga y flexible, generalmente en forma de hilo o alambre o bien en forma de cable.

Un hilo o alambre es una varilla metálica cuya longitud, en comparación con su diámetro, es mucho mayor. Un cable o conductor cableado es un conductor formado por un grupo de alambres o hilos o por una combinación de grupos de alambres o hilos.

Salvo las excepciones mencionadas en esta norma, o bien cuando están asociados a circuitos de seguridad intrínseca, no deben ser instalados cables eléctricos en las zonas peligrosas.

Todos los cables instalados en las zonas peligrosas deben estar provistos como mínimo de uno de los siguientes revestimientos:

- a) Cubierta impermeable no metálica con revestimiento metálico-trenzado u otro tipo, para la detección de los fallos de aislamiento y para la protección mecánica.
- b) Cubierta de plomo con una protección mecánica suplementaria, por ejemplo una armadura trenzada o una cubierta impermeable no metálica.
- c) Revestimiento de cobre o de acero inoxidable. Los cables aislamiento mineral con cubierta de aluminio pueden ser tomados en consideración para aplicaciones especiales.

Todos los revestimientos metálicos de protección de los cables de fuerza y alumbrado que atraviesan una zona peligrosa o que son conectados a un material instalado en una zona peligrosa, deben ser puestos a masa como mínimo en los dos extremos. El revestimiento metálico de todos los demás cables deben ser puestos a masa al menos en un extremo.

Cuando son previsibles riesgos especiales de corrosión, debe preverse una funda anticorrosión impermeable y no metálica, sobre la protección o armadura metálica.

Los cables deben ser instalados de forma que estén protegidos contra los daños de origen mecánico. Los cables y los soportes de protección deben ser instalados de forma que se eviten los esfuerzos y los rozamientos y permitan la dilatación y el trabajo de la estructura.

7. BALANCE ELÉCTRICO

Se denomina balance eléctrico de un buque al estudio del conjunto de necesidades energéticas para distintas situaciones de carga eléctrica.

El consumo de energía eléctrica está muy relacionado con la situación de operación, por ello el dimensionamiento del sistema eléctrico requiere la realización de un balance eléctrico en el que se estima el consumo del buque en cada situación de operación.

En un primer punto se definen las diferentes situaciones de operación del buque, entre las cuales hay diferencias significativas de consumo eléctrico.

Las situaciones de consumo eléctrico son específicas y particulares para cada tipo de buque, en nuestro buque estudiaremos cinco hipótesis de situaciones de consumo, que son las situaciones en la que intervienen los consumidores de mayor envergadura:

- Navegando sin carga: Es la situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario, para atender aquellos consumidores que afectan a servicios normales del buque, sin ser necesaria la alimentación de consumidores que se utilizan exclusivamente para las labores de la pesca.

- Faenando: Es la situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender todos los consumidores empleados en los servicios normales del buque, además de toda la maquinaria empleada para poder realizar con éxito las labores de captura, elaboración y conservación del pescado.

- Navegación con carga: Es la situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender aquellos consumidores que afectan a servicios normales del buque, sin ser necesaria la alimentación de consumidores que se utilizan exclusivamente para las labores de la pesca, a excepción de los equipos de congelación, usados para mantener la pesca en un estado óptimo hasta la llegada a puerto

- Puerto con carga: Es la situación en la que hay que tener en cuenta a los consumidores que funcionan normalmente en la condición de puerto más todos los consumidores de abordaje que participan en el manejo, conservación y descarga de la pesca.

- Emergencia: Situación en la que solo funcionaran ciertos consumidores en situación de emergencia, como bombas contra incendio, luces de navegación, radio, etc.

Existen diferentes métodos para determinar el balance eléctrico. El más utilizado es el conocido como método clásico que nos permite, además de calcular con buena precisión la potencia consumida para distintas situaciones, disponer de una relación detallada de los equipos del buque.

Consiste en una tabla de doble entrada en la que en las filas se disponen los distintos consumidores y en las columnas los diferentes modos de operación.

A la hora de realizar el balance se ha de tener en cuenta que muchos de los consumidores corresponden a elementos de respeto, o quizás no funcionen todos los elementos simultáneamente o no consuman el total de su potencia nominal. Por lo tanto a la hora de realizar el balance eléctrico se ha de aplicar un coeficiente llamando “coeficiente de simultaneidad” (*CS*) que mide el régimen medio de funcionamiento en una situación.

La potencia a considerar, será aquella que corresponda a la situación analizada de mayor demanda, y esta será la potencia mínima a suministrar por la planta generadora.

7.1. DESARROLLO DEL BALANCE ELECTRICO:

El objeto de realizar el balance eléctrico del buque es conocer la carga de potencia eléctrica demandada por el conjunto de todos los consumidores para así determinar los equipos de producción de energía a instalar a bordo en función de las necesidades.

Para calcular el balance eléctrico se ha utilizado una hoja de cálculo en que se incluye los siguientes datos por columnas:

1. Consumidor instalado
2. Número total de consumidores del mismo tipo instalados.
3. Número de consumidores en servicio de un mismo tipo.
4. Potencia consumida por cada elemento instalado
5. Potencia total instalada por cada tipo de consumidor, producto del número total de consumidores instalados por la potencia consumida por cada uno de ellos.
6. K_u : Coeficiente de utilización, definido como el cociente entre el número de elementos de un mismo tipo en servicio y el número total de elementos de ese tipo instalados.
7. K_{sr} : Coeficiente de servicio y régimen. Este coeficiente representa la posible superposición de condiciones análogas de trabajo, aunque desfasadas en el tiempo. Depende del ciclo de funcionamiento y del régimen de servicio considerado. Se calcula como: $K_{sr} = K_s \cdot K_r$

- K_s : Se llama coeficiente de servicio y se define como el tiempo de funcionamiento del buque en la condición de carga que se esté estudiando.

- K_r : Se llama coeficiente de régimen, y tiene en cuenta que los consumidores nunca trabajan al 100% de la potencia, salvo por un periodo de tiempo muy pequeño y por causas justificadas. Por tanto, nos da el tanto por ciento de la potencia demandada por el consumidor según su régimen de funcionamiento.

8. K_n : Coeficiente de utilización, definido al calcular la fracción de potencia instalada que ha de ser consumida en cada uno de los casos considerados por cada uno de los consumidores o grupo de consumidores.
9. Potencia demandada por cada uno de los consumidores e cada una de las situaciones de carga. Se obtiene como producto de la potencia total instalada por los coeficientes de utilización y de servicio y régimen.

En las tablas siguientes se presenta el balance eléctrico del buque, correspondiendo cada tabla a un grupo de consumidores.

Equipos eléctricos de cámara de maquinas																									
Equipos	Nº elemento		Pe elem.	Pe inst.	KU	KN						KSR						Pe final (kW)							
	Inst.	Serv.				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6		
Bomba de lubricación de reductora	1	1	2	2	1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,6			
Electrocompresores de arranque	2	1	1,1	2,2	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4			
Bomba refrigeración a.d. reserva	1	0	12,6	12,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Bomba de refrigeración compresores	2	1	2	4	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8			
Bombas de refrigeración a.s.	2	1	13	26	0,5	0,4	0,2	0,4	0,1	0,1	0,4	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	10,4	5,2	10,4	2,6	2,6	10,4		
Bomba del tanque de lodos	1	1	0,1	0,1	1	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0			
Bombas condensadores refrig. M. A.	2	1	3,1	6,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	2,5	2,5	2,5	1,9	1,9	2,5		
Bombas de alimentación MP	2	1	2,4	4,8	0,5	0,4	0,2	0,4	0,1	0,1	0,4	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	1,9	1	1,9	0,5	0,5	1,9		
Bombas de trasiego combustible	2	1	1,25	2,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1		
Separadora combustible	1	1	2,3	2,3	1	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,8	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,8	0,9	0,9	0,9	0,5	0,5	1,8		
Bomba de alimentación MA	2	1	1	2	0,5	0,4	0,2	0,4	0,1	0,1	0,4	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8		
Pre calentador aceite	1	1	10,7	10,7	1	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	8,6	4,3	8,6	2,1	2,1	8,6		
Bomba lubricación MP	1	1	30	30	1	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	24	12	24	6	6	24		
Bomba lubricación de reserva MA	1	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	0	0	0	0	0	0	0		
Calentador separadora	1	1	8	8	1	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	6,4	3,2	6,4	1,6	1,6	6,4		
Purificadora de aceite	1	1	2,3	2,3	1	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8	1,8	0,9	1,8	0,5	0,5	1,8		
																		TOTAL							
																		60	31,8	59	18,1	18,1	61,7		

Tabla 3.1. Balance eléctrico de los equipos de la cámara de máquinas.

Auxiliares del casco, Serv. De navegación y maniobra																									
Equipos	Nº elemento		Pe elem.	Pe inst.	KU	KN						KSR						Pe final (kW)							
	Inst.	Serv.				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6		
Bomba servo	2	1	10	20	0,5	0,2	0	0,2	0	0	0,5	0,4	0	0,4	0	0	1	4	0	4	0	0	10		
Electroválvulas servo	2	1	0,5	1	0,5	0,2	0,3	0,2	0	0	0,5	0,4	0,6	0,4	0	0	1	0,2	0,3	0,2	0	0	0,5		
Molinete anclas	1	1	16,2	16,2	1	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	13		
Cabrestante popa	1	1	5,52	5,52	1	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	4,4		
Pescante zodiac	1	1	4	4	1	0	0,6	0	0,6	0,6	0	0	0,6	0	0,6	0,6	0	2,4	0	2,4	2,4	0	0		
Molinete de proa	2	1	25	50	0,5	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20		
Separador de sentinas	1	1	0,5	0,5	1	0,3	0,3	0,3	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0,3	0,2	0,2	0,2	0	0	0,2		
Bomba contraincendios y baldeo	2	1	5,5	11	0,5	0,1	0,2	0,1	0	0	0,1	0,2	0,4	0,2	0	0	0,2	1,1	2,2	1,1	0	0	1,1		
Grupo hidróforo agua salada	1	1	1,42	1,42	1	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,9	0,9	0,6	0,6		
Grupo hidróforo agua dulce	1	0	0,9	0,9	1	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5		
Bomba respeto grupos hidróforos	1	1	1,42	1,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,4	0	0	0	0	0		
Generador de agua dulce	2	1	0,6	1,2	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,4	0,6	0,6	0,6	0,2	0,2	0,8	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1	0,5		
Circuito de corrientes impresas	1	1	0,2	0,2	1	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
																		TOTAL							
																		7,3	6,8	7,1	3,9	3,9	52,4		

Tabla 3.2. Balance eléctrico servicios de navegación y maniobra.

Servicios de pesca																								
Equipos	Nº elemento		Pe elem.	Pe inst.	KU	KN						KSR						Pe final (kW)						
	Inst.	Serv.				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Maquinaria parque de pesca	1	1	3	3	1	0	0,6	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	1,8	0	0	0	0		
Cabrestante parque de pesca	1	1	1,9	1,9	1	0,2	0,2	0,2	0,8	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0,8	0,2	0	0,4	0,4	0,4	1,5	0,4	0	
Grúa articulada proa	1	1	15	15	1	0,2	0,2	0,2	0,8	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0,8	0,2	0	3	3	3	12	3	0	
Halador	2	1	15	15	0,5	0	0,3	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	
Estibadores	1	1	6	6	1	0	0,6	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	3,6	0	0	0	0	0	
Enrollador	1	1	1,2	1,2	1	0	0,6	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	
Recogedor de bolsas	1	1	2,5	2,5	1	0	0,6	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	
Bombas central hidráulica	3	2	12	24	0,7	0	0,4	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	9,6	0	0	0	0	0	
Bombas refrig. enfriadores central hidra	2	1	0,3	0,3	0,5	0	0,3	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	
														TOTAL	3,9	24,9	3,7	14	3,2	0				

Tabla 3.3. Balance eléctrico servicios de pesca.

Acondicionamiento térmico																									
Equipos	Nº elemento		Pe elem.	Pe inst.	KU	KN						KSR						Pe final (kW)							
	Inst.	Serv.				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6		
Ventilador local Co2	1	1	0,15	0,15	1	1	1	1	1	0,2	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,2	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	
Ventilador local bombas	1	1	0,32	0,32	1	1	1	1	1	0,2	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,2	0,6	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2		
Ventilador lavandería	1	1	0,42	0,42	1	1	1	1	1	0,2	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,2	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3		
Ventilador Cocina	1	1	1,14	1,14	1	1	1	1	1	0,2	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6	0,2	0,6	0,9	0,7	0,9	0m7	0,2	0,7		
Ventilador gambuza seca	1	1	6,62	6,62	1	1	1	1	1	0,2	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,2	0,6	5,3	5,3	4	4	1,3	4		
Ventilador aseo puente	1	1	0,11	0,11	1	1	1	1	1	0,2	0,2	0,8	0,8	0,8	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0		
Ventilador aseo oficiales	1	1	0,09	0,09	1	1	1	1	1	0,2	0,2	0,8	0,8	0,8	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0		
Ventilador aseo marinería	1	1	0,1	0,1	1	1	1	1	1	0,2	0,2	0,8	0,8	0,8	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0		
Ventilador vestuarios	2	2	0,13	0,13	1	1	1	1	1	0,2	0,2	0,8	0,8	0,8	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1		
Radiadores eléctricos (cocina, baños...)	1	1	4,5	4,5	1	1	1	1	1	0,2	0,2	0,8	0,8	0,8	0,6	0,2	0,2	3,6	3,6	2,7	0,9	0,9	0,9		
Unidad climatizadora frío calor	2	2	3,55	7,1	1	1	1	1	1	0,2	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,2	0,6	5,7	5,7	5,7	4,3	1,4	4,3		
Ventilador CM	2	2	26,1	52,2	1	1	1	1	1	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,2	0,8	41,8	41,8	41,8	31,3	10,6	41,8		
Ventilador taller	1	1	0,31	0,31	1	1	1	1	0	0,2	0,4	0,8	0,8	0,8	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1		
Ventilador servo y grupo emergencias	1	1	6,15	6,15	1	1	1	1	1	0,8	0,8	0,6	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	3,7	4,9	3,7	4,9	4,9	4,9		
Ventilador parque de pesca	4	4	0,35	1,4	1	0	0,6	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0		
TOTAL																		62,3	64	61	48,8	19,6	57,3		

Tabla 3.4. Balance eléctrico acondicionamiento térmico.

Equipo frigorífico																								
Equipos	Nº elemento		Pe elem.	Pe inst.	KU	KN						KSR						Pe final (kW)						
	Inst.	Serv.				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Ventilación forzada bodegas	4	4	0,8	3,2	1	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	1,9	0	0	0	0	0
Bombas centralizadas a.s. refrigeración	2	1	4,4	4,4	0,5	0	0,3	0,1	0,1	0	0	0	0	0,6	0,2	0,2	0	0	0	1,3	0,4	0,4	0	0
Sistema desescarche	3	3	2	6	1	0	0,6	0,2	0,2	0	0	0	0	0,6	0,2	0,2	0	0	0	3,6	1,2	1,2	0	0
Compresores gambuza frigorífica	1	1	3,55	3,55	1	0,8	0,8	0,6	0,6	0,2	0,6	1	1	1	1	0,2	0,6	2,8	2,8	2,1	2,1	0,7	2,1	
Compresores gambuza frescos	1	1	0,65	0,65	1	0,8	0,8	0,6	0,6	0,2	0,6	1	1	1	1	0,2	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,1	0,4	
Electrocompresores tornillo bodega rec	2	2	55	110	1	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	88	0	0	0	0	
Electrocompresores torinillo bodega req	1	1	55	55	1	0	0,6	0,2	0,2	0	0,2	0	0,6	0,2	0,2	0	0,2	0	33	11	11	0	11	
TOTAL																		3,6	130,7	15,6	15,6	1,2	13,3	

Tabla 3.5. Balance eléctrico equipo frigorífico.

Habitación																									
Equipos	Nº elemento		Pe elem.	Pe inst.	KU	KN						KSR						Pe final (kW)							
	Inst.	Serv.				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6		
Lavandería	2	2	0,4	0,8	1	0,6	0,6	0,6	0,2	0,2	0,4	1	1	1	0	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2			
Calentador para agua de duchas	1	1	3	3	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,2	1	1	1	0	0,2	0,2	1,8	2,4	1,8	0,6	0,6	0,6		
Enchufes habitación	1	1	6,4	6,4	1	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2	0,2	1	0	1	0	0,2	0,2	5,1	2,6	5,1	1,3	1,3	1,3		
Cocina	4	4	9	36	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0,2	0,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2		
Horno	2	1	1,1	2,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2		
TOTAL																		14,5	13,6	15,5	10	10	9,8		

Tabla 3.6. Balance eléctrico consumidores habitación.

iluminación																									
Equipos	Nº elemento		Pe elem.	Pe inst.	KU	KN						KSR						Pe final (kW)							
	Inst.	Serv.				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6		
Alumbrado espacios de carga	1	1	2,63	2,63	1	0,2	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0	1	0	1	0,2	0,2	0,5	2,1	0,5	1,6	0,5	0,5		
Alumbrado exterior y luces de navegación	1	1	1,89	1,89	1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0	0	0	0	0,4	0,2	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4		
Alumbrado de emergencia	1	1	0,1	0,1	1	0,4	0,6	0,4	0,2	0,2	0,8	0	1	0	0	0,2	0,8	0	0,1	0	0	0	0,1		
Alumbrado locales de habitación	1	1	2,88	2,88	1	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	11	0	1	0	0,6	0,4	1,7	1,2	1,7	1,2	1,7	1,2		
Alumbrado espacios de máquinas	1	1	1,31	1,31	1	0,6	0	0,6	0,4	0,4	0,6	1	1	1	0	0,4	0,6	0,8	0,8	0,5	0,5	0,8	0,5		
TOTAL																		3,8	5,2	3,7	4,3	3,8	3,2		

Tabla 3.7. Balance eléctrico iluminación.

Varios																									
Equipos	Nº elemento		Pe elem.	Pe inst	KU	KN						KSR						Pe final (kW)							
	Inst.	Serv.				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6		
GPS	1	1	0,2	0,2	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0,1	
Localizador de bogas	1	1	0,13	0,13	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	
Radiogoniómetro	1	1	0,1	0,1	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	
Proyector balsa	1	1	0,08	0,08	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0	0,1	0	0	0	0	0	
Timbres de alarma general	1	1	0,15	0,15	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	
Indicador del ángulo del timón	1	1	0,1	0,1	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	
Autómata tifón	1	1	0,05	0,05	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	
Alarma piloto automático y giroscópica	1	1	0,06	0,06	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	
Alumbrado bitácora	1	1	0,03	0,03	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	
Teléfonos autogenerados	1	1	0,1	0,1	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	
Alarma CO2	1	1	0,1	0,1	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	
Alarma M.P.	1	1	0,08	0,08	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0	0,1	0	0	0	0	0	
Alarma motor grupo auxiliar	2	2	0,08	0,16	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	
Maquinaria taller	1	1	2	2	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
Limpiaparabrisas	1	1	0,25	0,25	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	
Equipo de detección de incendios	1	1	0,15	0,15	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	
Equipo registrador de temperatura	1	1	0,1	0,1	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	
Equipo indicador temperatura agua ma	1	1	0,06	0,06	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	
Altavoces de ordenes	1	1	0,45	0,45	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	
Piloto automático	1	1	0,1	0,1	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	
Girocompás	1	1	0,2	0,2	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0,1	
Radar	1	1	0,8	0,8	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	
Sonda navegación	1	1	0,05	0,05	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	
Sonda pesca	1	1	0,05	0,05	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	
Corredora	1	1	0,04	0,04	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	
Receptor cartas meteorológicas	1	1	0,15	0,15	1	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	
TOTAL																		2,8	3,6	2,8	1,4	1,3	2,2		

Tabla 3.8. Balance eléctrico equipos varios.

A continuación se muestra el resumen del balance eléctrico con los totales para cada situación de carga eléctrica diferentes.

RESUMEN BALANCE ELÉCTRICO						
Grupos de consumo	Situaciones de carga eléctrica					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Equipos eléctricos de cámara de máqui	60	31,8	59	18,1	18	61,7
Auxiliares del casco, Serv. De navegac	7,3	6,8	7,1	3,9	3,9	52,4
Servicios de pesca	3,9	24,9	3,7	14	3,2	0
Equipo frigorífico	3,6	131	15,6	15,6	1,2	13,3
Acondicionamiento térmico	62	64	61	48,8	20	57,3
Iluminación	5,8	5,2	3,7	4,3	3,8	3,2
Habilitación	15	13,6	15,5	10	10	9,8
Varios	2,8	3,6	2,8	1,4	1,3	2,2
TOTAL (kW)	160	281	168,4	116	62	198
Potencia Aparente (kVA)	200	351	210,4	145	77	247

Tabla 3.9. Resumen del balance eléctrico.

7.2. SITUACIONES DE CARGA:

Durante la marea se dan 6 situaciones diferentes de carga eléctrica. Se ha coloreado de diferente manera cada situación para poder diferenciar cada una de ellas. También se calcula el régimen de uso según cada carga eléctrica.

A continuación se describen brevemente las diferentes situaciones:

-Situación nº 1: Barco navegando al caladero: En esta situación el barco navega con las bodegas vacías, los depósitos de combustible y pertrechos totalmente llenos. Su velocidad es la máxima posible para llegar al caladero en el menor tiempo posible. Los consumidores principales son el motor propulsor principal y la electricidad de la habilitación y gambuzas.

Generador utilizado: 1 grupo auxiliar formado por alternador y motor diésel.

Potencia eléctrica requerida: 160 kW

Régimen del motor diésel del grupo auxiliar:

$$reg = \frac{\frac{P_{S1}[KW]}{\eta_{alt}}}{P_{motor}[kw]} = \frac{\frac{160}{0,97}}{310} = 0,53 \rightarrow 53\%$$

-Situación nº 2: El barco está pescando en el caladero y con el equipo de frío funcionando. En esta situación el barco tiene periodos de navegación a 8-9 nudos, otros a 12 nudos, otros a 4-5 nudos. Los consumidores de la habilitación se reducen y los consumos de los instrumentos de navegación aumentan a pesar de sus valores son reducidos en relación con los otros consumidores.

Generador utilizado: Alternador en la reductora.

Potencia requerida de los grupos auxiliares: 280,6kw

Régimen del motor diésel propulsor:

$$reg = \frac{P_{S2}[kW] + P_{prop}[kW]}{P_{MP}[kW]} = \frac{280,6 + 560}{990} = 0,85 \rightarrow 85\%$$

-Situación nº 3: El barco se encuentra navegando de vuelta a puerto con las bodegas llenas: El barco vuelve a puerto con las bodegas llenas, y el equipo de frío conservando la carga. La situación de bodega llena supone alrededor de 60T de pescado.

Generador utilizado: 1 grupo auxiliar formado por alternador y motor diésel.

Potencia eléctrica requerida: 168,4 kW

Régimen del motor diésel del grupo auxiliar:

$$reg = \frac{\frac{P_{S3}[kW]}{\eta_{alt}}}{P_{motor}[kW]} = \frac{\frac{168,4}{0,97}}{310} = 0,56 \rightarrow 56\%$$

-Situación n°4: el barco se encuentra en puerto en labores de carga y descarga: El motor propulsor está parado al igual que los grandes elementos de generación eléctrica. Se usa el grupo de puerto para abastecer todos los consumidores eléctricos. La habilitación continúa con sus consumos pro según recomendaciones de la UE se enganchan estos consumos a la red eléctrica suministrada por el propio puerto.

Generador utilizado: 1 grupo auxiliar formado por alternador y motor diésel, pudiendo cubrirse también con el grupo de emergencias y puerto.

Potencia eléctrica requerida: 116,0kw

Régimen del motor diésel del grupo auxiliar:

$$reg = \frac{\frac{P_{S4}[kW]}{\eta_{alt}}}{P_{motor}[kW]} = \frac{\frac{116}{0,97}}{310} = 0,38 \rightarrow 38\%$$

Régimen del motor diésel del grupo de emergencias:

$$reg = \frac{\frac{P_{S4}[kW]}{\eta_{alt}}}{P_{motor emergencias}[kW]} = \frac{\frac{116}{0,97}}{130} = 0,91 \rightarrow 91\%$$

-Situación n°5: Barco en puerto: Los pesqueros tienen periodos de inactividad por las épocas de paro biológico. En estas ocasiones los consumidores en el barco son reducidos y esporádicos. El barco no tiene generadores de electricidad en marcha, ni el grupo de puerto. Los consumos se realizan conectando a la red eléctrica del propio puerto.

Generador utilizado: grupo de emergencias y puerto.

Potencia eléctrica requerida: 62 kW

Régimen del motor diésel del grupo de emergencias y puerto:

$$reg = \frac{\frac{P_{S5}[kW]}{\eta_{alt}}}{P_{motor emergencias}[kW]} = \frac{\frac{62}{0,97}}{130} = 0,49 \rightarrow 49\%$$

-Situación nº 6: Barco en maniobra: Son situaciones puntuales en que los servicios de casco y máquinas trabajan a gran régimen mientras que los servicios de habilitación se mantienen así como la refrigeración de bodegas.

Generador utilizado: 1 grupo auxiliar formado por alternador y motor diésel.

Potencia eléctrica requerida: 198 kW

Régimen del motor diésel del grupo auxiliar:

$$reg = \frac{\frac{P_{s6}[kW]}{\eta_{alt}}}{P_{motor}[kW]} = \frac{\frac{198}{0,97}}{310} = 0,65 \rightarrow 65\%$$

El buque en situación de emergencias:

Generador utilizado: grupo de emergencias y puerto.

Potencia eléctrica requerida: 89,13kW

Régimen del motor diésel del grupo de emergencias y puerto:

$$reg = \frac{\frac{P_{emergencias}[kW]}{\eta_{alt}}}{P_{motor\ emergencias}[kW]} = \frac{\frac{89,13}{0,97}}{130} = 0,71 \rightarrow 71\%$$

7.3. GENERADORES DE POTENCIA ELÉCTRICA:

Una vez realizado el balance eléctrico del buque se detalla la selección del grupo auxiliar, del grupo de emergencia y del alternador de cola, constituyen la planta generadora de potencia. En el presente documento se reflejan los equipos seleccionados para dimensionar los servicios de la cámara de máquinas y como el dimensionado de estos servicios es necesario para realizar el balance eléctrico del buque por tanto es necesario realizar un proceso iterativo que comienza haciendo una estimación de la potencia eléctrica que es necesario generar. Para asegurarse se ha incrementado en un 15% la potencia total a generar de cada planta.

El Protocolo de Torremolinos obliga a instalar dos grupos electrógenos (uno puede ser un alternador de cola), que sean capaces de mantener independientemente el suministro eléctrico al buque, excluyendo las necesidades eléctricas propias de la operación pesquera. La disposición de cámara de máquinas de aquí derivada puede variar mucho, siendo función del tipo de actividad que realice el buque, del tipo de propulsor y de características del régimen del motor principal. Como máxima, se puede indicar que en una planta propulsiva diésel convencional, cuanto más adaptadas estén las capacidades de los motores a las de los consumos reales demandados, más eficiente será la planta. En este sentido, es aconsejable, para buques con motores principales diésel que trabajen a revoluciones constantes, instalar un alternador de cola movido por el motor principal, ya que el incremento de consumo que le supone al motor principal el aumento de carga para generación eléctrica, es menor que el consumo de otro motor auxiliar, e incluso más recomendable si consideramos el coste de adquisición y de mantenimiento de otro motor. En el caso de generación eléctrica mediante un motor principal que opere a revoluciones variables, el ahorro conseguido por kW eléctrico generado frente al diésel generador auxiliar, será menor que en caso del motor a revoluciones constantes, además de presentar problemas de regulación.

7.3.1 GRUPO AUXILIAR:

La instalación de un alternador de cola proporciona también mayor versatilidad, al poder acoplarlo o desacoplarlo del motor principal. Así, en caso de ser necesario aprovechar toda la potencia del motor principal o para mantener su funcionamiento dentro de la zona de rendimiento óptimo, se podría sustituir el uso del alternador de cola por el de un auxiliar o a la inversa. Esto es importante en buques que necesitan disponer de gran versatilidad de operación.

En el primer caso, es posible que un aumento de carga en el motor principal mejore el rendimiento del motor, mientras que en el segundo, puede ser necesaria la utilización de toda la potencia disponible para la propulsión.

Por lo tanto se ha seleccionado el generador auxiliar marca Volvo Penta modelo D12 MG de 294 kWe a 1500 rpm y 50 Hz.

Technical Data

Engine designation	D12 MG
No. of cylinders and configuration	in-line 6
Method of operation	4-stroke,
	direct-injected, turbocharged
	diesel engine with aftercooler
Bore, mm	131
Stroke, mm	150
Displacement, l	12.13
Compression ratio	17.5:1
Crankshaft Power HE Cooling	
at 1500 rpm, kW (hp)	310 (422)
at 1800 rpm, kW (hp)	370 (503)
Crankshaft Power RC Cooling	
at 1500 rpm, kW (hp)	292 (397)
at 1800 rpm, kW (hp)	339 (461)
Crankshaft Power KC Cooling	
at 1500 rpm, kW (hp)	310 (422)
at 1800 rpm, kW (hp)	370 (503)
Recommended fuel to conform to	
	ASTM-D975 1-D & 2-D
	EN 590 or JIS KK 2204
Specific fuel consumption best point,	
g/kWh at1500 rpm	198 (100%)
g/kWh at1800 rpm	212 (50%)

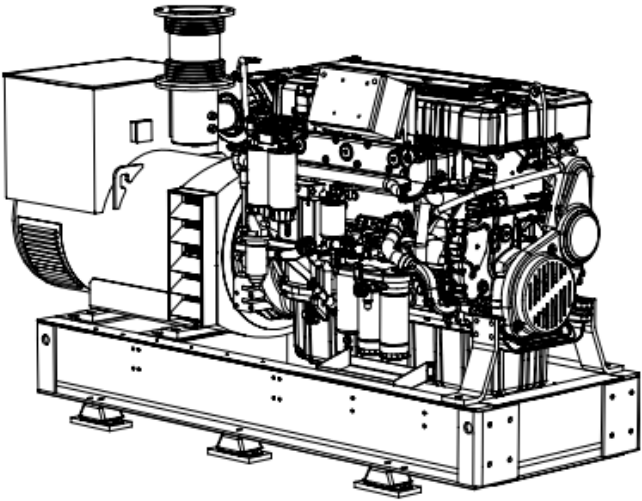


Imagen 3.3. Motor auxiliar seleccionado.

7.3.2. ALTERNADOR DE COLA:

En la situación de carga eléctrica de mayor demanda es la situación de mayor carga en que se dispone una mayor potencia no usada en la propulsión. A lo largo de la marea pesquera se pueden distinguir al menos existen tres regímenes de velocidad diferenciados, pero se puede considerar 10 nudos como la velocidad promedio durante la faena pesquera.

Se tiene instalado un motor propulsor con un MCR de 990 kW y a 10 nudos se le demandaría al motor propulsor del orden de 580kW supuesto un 15% de ensuciamiento de casco. Si se le supone un rendimiento muy negativo (0,96) a un posible alternador en la reductora se podría obtener hasta 384 kW de potencia eléctrica trabajando el motor en el MCR.

Supuesto que el motor funcionase a un 85% del MCR se podrían obtener 292kW en un alternador en la reductora que permitirían cubrir totalmente la demanda eléctrica durante la actividad pesquera.

Por otro lado para garantizar la necesaria redundancia el grupo auxiliar instalado tiene que permitir cubrir totalmente la demanda eléctrica en la situación de máxima carga eléctrica.

Es de enseñar que al instalar un alternador en la reductora capaz de generar toda la potencia eléctrica navegando el buque a 10 nudos implica que en caso de fallar el grupo auxiliar sacrificando 2 nudos de velocidad se permitiría cubrir el grupo auxiliar sin necesidad de volver a puerto o arrancar el grupo de emergencia.

El alternador que se ha seleccionado es de la marca Stamford y gira a 1000 Rpm con una potencia de 350 kVA y 50 Hz.

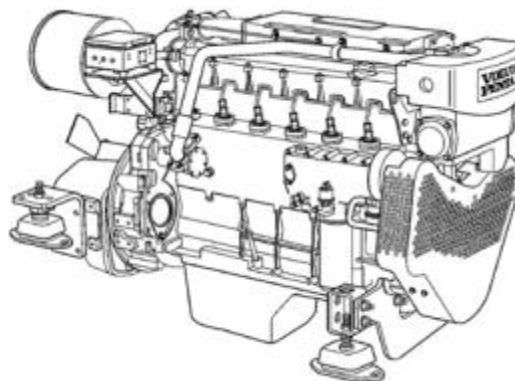
7.3.3. GRUPO DE EMERGENCIAS:

A continuación se muestra el balance eléctrico de los consumidores para la situación de emergencias.

Equipos	Nº elementos		Pe elem.	Pe inst.	Kn	Ksr	Pc final
	Inst.	Serv.					
Iluminación de emergencia	1	1	0,1	0,1	1	1	0,1
Iluminación de señalización	1	1	1,89	1,89	1	1	1,89
Equipo electrónico de navegación pesca y co	1	1	3	3	1	0,8	2,4
Ventilación cámara de máquinas	2	2	26,1	42,2	1	0,8	33,76
Bombas sentinas	1	1	0,5	0,5	1	1	0,5
Bombas contraincendios	2	1	5,5	11	0,5	1	5,5
Pescantes para botes	1	1	4	4	1	1	4
Servotimón (botes y electroválvulas)	2	1	10,5	21	0,5	0,6	6,3
Electrocompresores de tornillo	2	1	55	110	0,5	0,6	33
Electrocompresores de gamba frigorífica	1	1	4,2	4,2	1	0,4	1,68
TOTAL (Kw)							89,13
Potencia aparente (kVA)							111,4

Tabla 3.10. Balance eléctrico grupo de emergencia.

Para cubrir estos consumidores se instala 1 grupo de puerto y emergencia marca Volvo Penta modelo D7A TA, que produce 163kva a 1500 rpm.



TECHNICAL DATA

No. of cylinders and configuration	in-line 6		
Method of operating	4-stroke, direct-injected turbocharged diesel engine with aftercooler		
Bore, mm (in.)	108 (4.25)		
Stroke, mm (in.)	130 (5.12)		
Displacement, l (in ³)	7.15 (436)		
Compression ratio	17.6:1		
Dry weight, kg (lb)	690 (1521)		
Dry weight with reverse gear ZF280, kg (lb)	760 (1676)		
Ratings/rpm	R2/2300 rpm	R1/2300 rpm	R1/1900 rpm
Recommended fuel to conform to	ASTM-D975 1-D & 2-D, EN 590 or JIS KK 2204		

D7A TA

Crankshaft power, kW (hp)	(237)	153 (208)	130 (177)
Max. torque, Nm (lbf.ft) @ 1500 rpm	809 (596)	802 (592)	688 (507)
Specific fuel consumption, g/kWh (lb/hph) @ 1900 rpm	226 (0.366)	229 (0.371)	213 (0.345)

Imagen 3.4. Motor de emergencias seleccionado.

Capítulo 4, Eficiencia energética y ahorro.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas han surgido nuevos retos a los que ha de enfrentarse el sector pesquero y que se pueden resumir en tres puntos fundamentales:

- Reducción o limitación de las capturas.
- Incremento del precio del combustible.
- Mayores requerimientos medioambientales.

De entre ellos, son los dos primeros los que se presentan como las principales dificultades para la rentabilidad del sector a corto plazo. Puesto que el volumen de capturas está ligado a factores externos, tales como limitaciones medioambientales o la imposición de cuotas, es en el consumo de combustible donde se puede actuar en primer lugar.

El incremento en el precio del crudo en los últimos años ha sido de un 351%, con el consiguiente incremento en los costes de explotación ligados al combustible.

Esto último, unido a la contención de los precios en origen de las capturas, que se mantienen prácticamente constantes, y a la reducción o estabilización de las mismas, ha hecho que los beneficios del sector se hayan visto reducidos en gran medida.

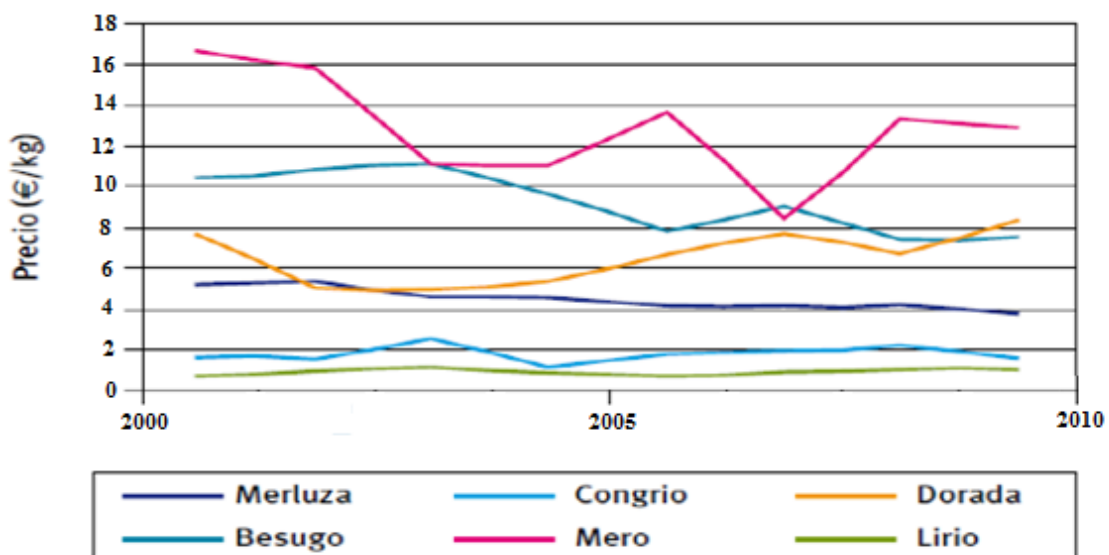


Imagen 4.1. Evolución del precio de las capturas de distintos tipos de pescado.

Por otro lado, la aparición de nueva legislación medioambiental más restrictiva, implica la introducción de cambios en la forma de operación y los sistemas utilizados en los buques pesqueros para poder cumplir con la misma.

Ante estas nuevas necesidades, son las medidas de ahorro energético, que buscan obtener una menor demanda de energía y un mejor aprovechamiento de la existente, las que se plantean como la mejor alternativa para conseguir una reducción en el consumo y en las emisiones del buque.

Las medidas de ahorro energético pueden dividirse en dos grupos principales.

En primer lugar, el conjunto de actuaciones que permiten mejorar el rendimiento de los sistemas existentes manteniendo sus prestaciones.

En segundo lugar, será necesario valorar el coste económico de disminuir algunas prestaciones del buque, tal como la velocidad, de forma que puedan valorarse en cada ocasión las distintas alternativas planteadas.

1. NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL.

Las ventajas del ahorro energético y de la mejora de la eficiencia energética no pueden considerarse únicamente desde el ahorro económico directo sino que también hay que considerar el coste medioambiental que implica su no adopción. Además de este coste es necesario contemplar la normativa medioambiental, ligada al consumo de combustible que, cada vez más, demanda una reducción en las emisiones de los buques.

Así, la normativa relativa a emisiones contaminantes por parte de los buques hasta la fecha era, a nivel de la Organización Marítima Internacional, muy poco restrictiva, mientras que a nivel europeo y nacional era muy escasa.

Sin embargo y teniendo en cuenta el hecho de que de seguir en esta dirección los buques podrían superar a las fuentes terrestres en lo que se refiere a emisiones contaminantes, la Unión Europea y la Organización Marítima

Internacional han reaccionado y comenzado a endurecer la legislación al respecto, al igual que también lo han hecho otros países como Estados Unidos.

Ejemplos de esta reacción son el nuevo Anexo VI del Convenio MARPOL, la estrategia para reducir las emisiones atmosféricas de los buques de la UE o la EPA 40 CFR Part 94 de los Estados Unidos.

Esta reducción de emisiones no pasa únicamente por la utilización de motores más eficientes y combustibles menos contaminantes, sino por un cambio en la utilización de la energía. Es necesario racionalizar su uso, comprendiendo el valor de la misma y ajustando su consumo de tal forma que, manteniendo los requerimientos de operación, se consiga mejorar la eficiencia energética del buque.

2. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL BUQUE DE PESCA.

La mejora de la eficiencia energética en el buque de pesca requiere progresar en dos aspectos fundamentales: en la mejora del rendimiento del proceso de generación de la energía y en el mejor aprovechamiento de la energía disponible. Las problemáticas de cada uno son totalmente distintas y exigen un estudio y una actuación diferenciada.

Las distintas energías empleadas a bordo pueden agruparse en cuatro categorías: energía mecánica, eléctrica, hidráulica y térmica.

A la hora de evaluar el rendimiento de cada una de ellas hay que considerar que toda la energía proviene de la energía química obtenida al quemar el combustible y que cada transformación de la energía supone un gasto energético que se emite en forma de calor. Dependiendo del tipo de buque y del arte de pesca que utilice, la configuración de la cámara de máquinas y los sistemas destinados a la generación de energía serán distintos. Sin embargo, el proceso habitualmente seguido puede esquematizarse en las siguientes etapas:

1. En el interior de los cilindros del motor se quema combustible. La energía obtenida se transforma en energía mecánica que hace girar el cigüeñal y, en un porcentaje en ocasiones superior al 60%, es transformada en calor que se transmite al ambiente a través de los gases de escape, el agua de refrigeración y por radiación.

2. En el caso del motor propulsor, esta energía mecánica se transmite a la hélice a través del eje, propulsando al buque.

3. Otra opción para el uso de la energía mecánica es su transformación en energía eléctrica a través de un alternador o una dinamo. Esta energía se utiliza posteriormente para alimentar los equipos eléctricos del buque, así como las baterías de emergencia.

4. La energía hidráulica utilizada a bordo puede obtenerse de dos formas distintas; bien mediante la acción directa de un motor diésel sobre el grupo hidráulico, bien mediante un motor eléctrico.

Si bien las necesidades específicas hacen que la alternativa escogida en cada embarcación sea distinta, es necesario considerar una serie de aspectos generales para establecer medidas de ahorro:

-Cada proceso de conversión de energía lleva asociada unas pérdidas y, por tanto, una reducción del rendimiento global.

-El rendimiento de un motor crece al aumentar su potencia; además, el rendimiento de un motor es mayor que el de un sistema de dos motores con la mitad de potencia cada uno.

-Cuando los motores diésel operan significativamente por debajo de su potencia de diseño, su rendimiento también disminuye considerablemente. Por ello, los equipos deben ser dimensionados para ajustarse a la potencia que realmente se requiere.

-Entre un 50 y un 60% de la energía de un motor se pierde en forma de calor; este elevado valor hace que las estrategias básicas para incrementar el rendimiento energético consistan en aprovechar este calor residual.

Como ya se ha mencionado, uno de los retos a los que actualmente se enfrenta la flota pesquera española es la elevación de los costes de explotación debido al incremento del precio del combustible.

En las siguientes secciones se abordan diversas alternativas para mejorar el rendimiento energético del buque y obtener ahorro energético.

Para lograr estos objetivos es necesario, en primer lugar, que todas la personas involucradas en la explotación del buque sean conscientes del coste de utilizar los distintos equipos y el coste asociado al uso que de ellos se haga.

Con este objetivo se ha incluido un anexo con unas directrices para la realización de una valoración energética y económica de los distintos equipos de un buque.

3. EL SECTOR PESQUERO EN ESPAÑA.

El sector de la pesca en España da empleo, sin incluir los sectores de la acuicultura y la comercialización, a más de 70.000 personas (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), lo que supone aproximadamente un 0,4% de la población activa.

Esta participación en la economía nacional se traduce en que la contribución al Producto Interior Bruto se sitúe en el 0,2% (INE 2004), aunque si también se incluyen los sectores de transformación y comercialización, se sitúa próxima al 1%.

Aunque su contribución al total nacional no pueda considerarse significativa, el importante carácter regional del sector hace que en las zonas consideradas como altamente dependientes de la pesca, su contribución al PIB local puede superar el 15%.

Es en estas zonas donde la influencia del sector es mayor, ya que a la propia actividad pesquera hay que añadirle el resto de actividades asociadas, incluyendo la transformación, comercialización, industria naval (construcción, reparaciones, suministros), etc.

Si bien la pesca tiene un papel importante en todas las comunidades autónomas costeras, entre todas destaca de manera muy especial Galicia, en la que se concentra casi la mitad de los tripulantes y la flota del Estado, seguida de Andalucía y el País Vasco.

Aunque tradicionalmente la pesca ha sido un sector de gran relevancia en España, en los últimos años se ha producido un importante descenso tanto en flota pesquera como en trabajadores involucrados en el mismo, debido, en una gran parte, a la disminución en la rentabilidad de la actividad (disminución de las capturas, estancamiento del precio de venta de las mismas y especialmente al aumento del precio de los combustibles).

En los gráficos adjuntos, de población activa dedicada al sector y de la cantidad de capturas durante el periodo de 2000 a 2010, puede observarse claramente este hecho.

Esto no sucede, por ejemplo, en un sector como la acuicultura, que ha continuado creciendo, y que no es tan dependiente del precio de los combustibles ni del estado de los caladeros; o con las capturas de crustáceos, que continúan en aumento, en gran medida gracias al mayor valor en el mercado de los mismos.

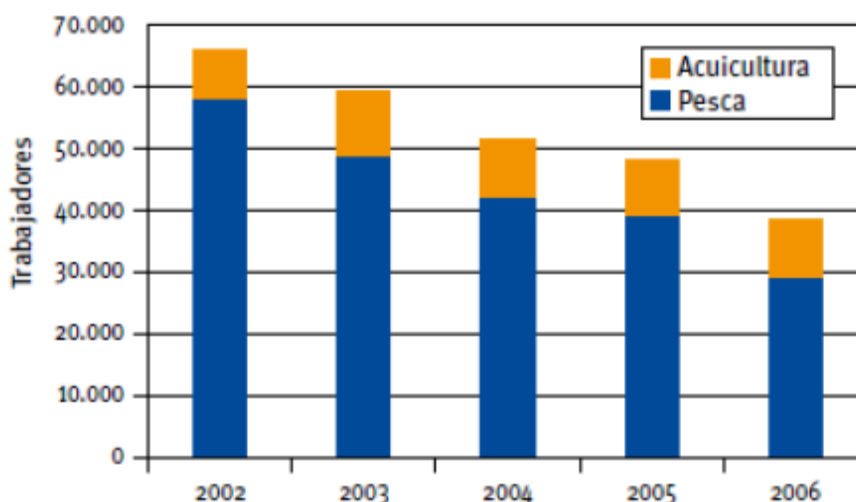


Imagen 4.2. Número de trabajadores en los sectores de la pesca y acuicultura.

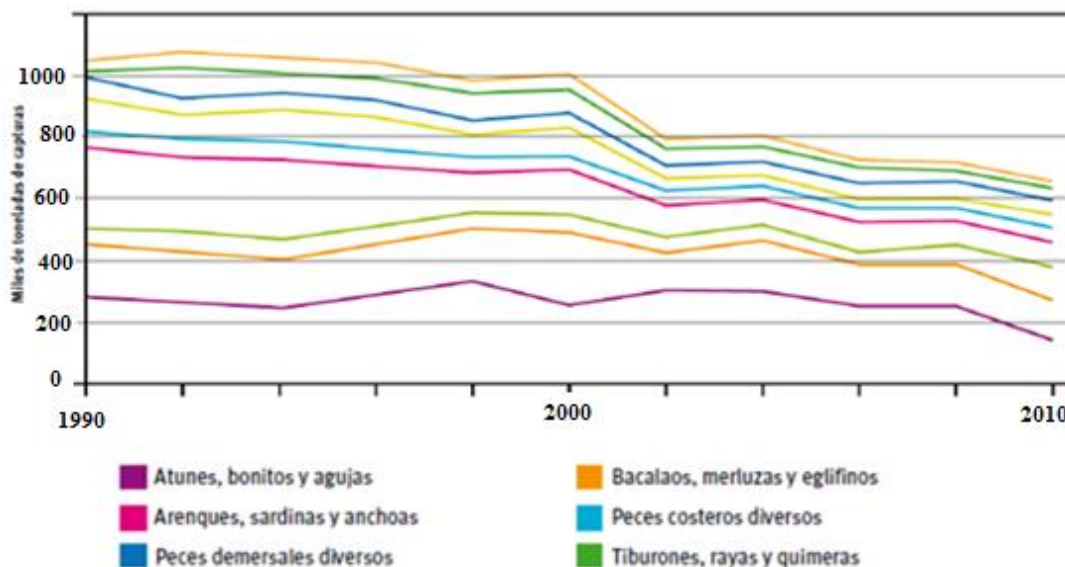


Imagen 4.3. Evolución de las capturas de peces.

La flota de pesca española, una de las de mayor importancia a nivel mundial, está compuesta por más de 13.000 buques, incluyendo desde embarcaciones de pequeño tamaño, dedicadas a la pesca artesanal (y que son mayoría dentro del total de la flota), hasta grandes buques cerqueros y arrastreros que prácticamente no regresan a puerto. La distribución de la flota puede realizarse desde distintos puntos de vista. Por un lado, por el arte de pesca utilizada, distinguiendo entre buques de arrastre, palangre, cerco, volanta y rasco, y artes menores (que incluyen redes de menor tamaño, nasas y trampas, almadrabas y pequeñas artes de anzuelo).

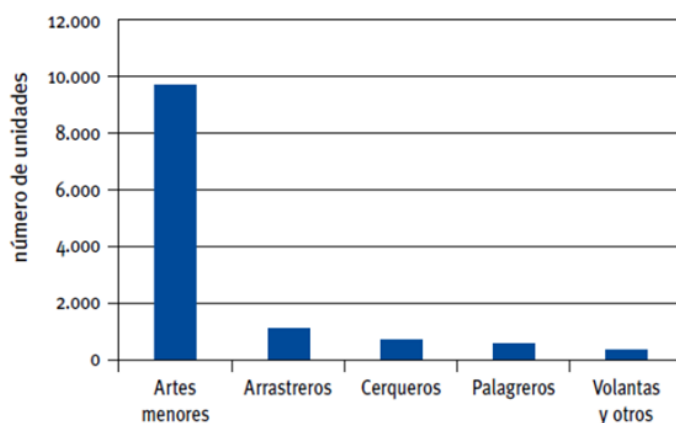


Imagen 4.4. Distribución de la flota pesquera por tipo de buque.

Por otro, los buques de pesca pueden clasificarse también según la ubicación donde se desarrolla su actividad y la correspondiente duración de las mareas. La pesca de bajura comprende pequeñas embarcaciones, normalmente menores de 6 metros de eslora, que se dedican al marisqueo o las artes menores y que realizan su faena en zonas cercanas a la costa. Los buques de litoral realizan su actividad a menos de 60 millas de la costa. Habitualmente, sus mareas no son superiores a un día aunque en ocasiones, en los llamados “de turno”, pueden llegar a los 10 días.

Tanto los buques de litoral como los de bajura faenan fundamentalmente en los caladeros nacionales, comprendiendo las aguas bajo jurisdicción española y las Zonas Económicas Exclusivas, además de un determinado número de unidades que faenan en aguas de Portugal. Estos caladeros nacionales incluyen el Cantábrico Noroeste, el del Golfo de Cádiz, el Mediterráneo y el de Canarias.



Imagen 4.5. Distribución de la flota pesquera por caladero.

Dentro de la flota de litoral se encuentran todo tipo de unidades, desde las más pequeñas que utilizan artes menores, a cerqueros, arrastreros, palangreros, volanteros y entre otros. Los buques de altura faenan en caladeros situados a más de 60 millas de la costa, entre los que se encuentran los de Gran Sol y el Oeste de Irlanda, en mareas con una duración de entre 10 y 35 días. Los buques más habituales son los arrastreros y los palangreros. Por último, mencionar los buques de gran altura. Estos comprenden los grandes arrastreros congeladores que faenan en el Atlántico Norte y en el Atlántico Sur y los grandes atuneros congeladores, que realizan su actividad en diversos caladeros del Atlántico, el Pacífico y el Índico. Las mareas son superiores a 30 días y, en muchos casos, el buque vuelve a puerto sólo a realizar reparaciones o mantenimiento, realizándose el aprovisionamiento, la descarga o el cambio de tripulaciones mediante buques nodriza y helicópteros.

4. TIPOS DE PROPULSIÓN Y COMBUSTIBLES MÁS UTILIZADOS.

En la actualidad, la propulsión de los buques y embarcaciones de pesca se realiza mediante motores fuera borda de gasolina y motores de ciclo Diésel, turboalimentados o no.

Los motores fuera borda son usados en pequeñas embarcaciones de pesca artesanal, con potencias reducidas y normalmente poco espacio disponible a bordo.

Este tipo de motores utiliza la gasolina como combustible, pueden ser de dos o de cuatro tiempos y tienen una instalación muy sencilla, fijándose mediante pernos o palometas al espejo de popa de la embarcación.

Existen también motores fuera borda de gasóleo, aunque su presencia en el mercado es muy escasa. Son motores compactos y ligeros, aunque presentan consumos superiores a los motores de gasóleo y una durabilidad inferior. La utilización de la gasolina está limitada reglamentariamente a este tipo de motores; el combustible utilizado en cualquier otro motor propulsor fijo debe tener un punto de inflamación superior a los 60 °C.

Es por ello que la mayor parte de buques de pesca, desde los de bajura hasta los de gran altura, utilizan motores propulsores de ciclo Diésel. Este tipo de motores, que vinieron a sustituir a las maquinarias propulsoras a vapor a lo largo del siglo XX, representan hoy en día la mayor parte de las plantas propulsoras de la flota mundial.

Al igual que sucede con el caso de los motores fuera borda, existen dos tipos de motores diésel: de dos y cuatro tiempos. Sin embargo, los motores de dos tiempos son motores lentos, utilizados cuando son necesarias grandes potencias (que en ocasiones pueden superar los 80.000 kW) y por lo tanto utilizados en grandes buques mercantes, pero no en buques de pesca. La flota pesquera, en su mayoría, utiliza motores diésel de velocidad media, normalmente turboalimentados.

Este tipo de motores consumen en su mayoría gasóleo como combustible. La utilización del fuel pesado se limita al rango alto de potencias, normalmente en grandes arrastreros congeladores y se encuentra en desuso debido a su mayor nivel de emisiones contaminantes en comparación con el gasóleo.

4.1. MOTORES FUERA BORDA.

Los motores fuera borda en general se diseñan teniendo en mente las embarcaciones de recreo, con un amplio rango de potencias disponible, entre 1 y más de 220 kW) y cuyo rendimiento óptimo se obtiene en embarcaciones de pequeño tamaño, ligeras y rápidas. Es por ello que su utilización debe limitarse a las pequeñas lanchas de bajura; su uso en embarcaciones mayores, lentas y pesadas, implicaría un funcionamiento totalmente fuera de su punto óptimo y, por lo tanto, una gran ineficiencia y consumo de combustible.

En todo caso, los motores fuera borda de gasolina presentan siempre un mayor consumo de combustible que uno diésel de igual potencia, factor que es agravado por la menor eficiencia de las hélices de este tipo de motores. El consumo de un motor de este tipo puede superar en más de tres veces el de un motor diésel equivalente.

Además, hay que considerar también la diferencia de coste del combustible y las posibles subvenciones a las que se tiene acceso. Históricamente, el precio de la gasolina se ha mantenido siempre por encima del gasóleo.

Sin embargo, también presenta una serie de ventajas:

- En primer lugar, la instalación de este tipo de motores es muy sencilla y se limita a su colocación en el espejo de popa de la embarcación (reforzado si es necesario), la conexión

de los sistemas de gobierno y electrónica (si dispone de ellos) y la conexión con el depósito de combustible, que normalmente es portátil. En todo caso, existen embarcaciones de pequeño tamaño en que la instalación de un motor diésel fijo, por razones de disposición y tamaño, simplemente no es posible.

- Su coste, además, es sensiblemente inferior al de un motor diésel similar, aunque sus costes de funcionamiento sean mayores y su vida útil, menor.

- Además de los motores de gasolina, existen algunos modelos de fuera borda diésel. Sin embargo, su presencia en el mercado es muy reducida y su coste de adquisición elevado. Dentro de los motores fuera borda de gasolina (ciclo Otto), se pueden distinguir dos tipos principales: de dos y de cuatro tiempos.

Hasta hace unos años, los únicos motores disponibles en el mercado eran los de dos tiempos y admisión mediante carburador. Este tipo de motores utiliza para su lubricación aceite mezclado con la gasolina combustible (alrededor del 2%). De los tres tipos de motores fuera borda que se describen, son los que presentan un mayor consumo de combustible y, además, son los más contaminantes.

En un ciclo de dos tiempos, existe un punto del mismo en que, al mismo tiempo que se produce la exhaustación de los gases quemados, se está produciendo también la admisión de la mezcla. En ese proceso, una pequeña parte del combustible, aún sin quemar, se pierde por el escape, provocando manchas de aceite y combustible en el agua. Asimismo, la presencia de aceite en la mezcla de aire y combustible que se va a quemar, produce que las emisiones a la atmósfera contengan más sustancias contaminantes que en el caso de que se quemase gasolina exclusivamente.

En la actualidad, este tipo de motores no cumplen con los cada vez mayores requisitos en lo que a emisiones contaminantes a la atmósfera se refiere y su importación ya está prohibida en Europa, aunque todavía existen una gran cantidad de motores de este tipo en operación.

Para poner solución a este problema, los fabricantes de motores han optado por dos alternativas. Por un lado, mejorar la tecnología de los motores de dos tiempos convencionales y, por otro, utilizar ciclos de cuatro tiempos.

Los nuevos motores de dos tiempos de inyección de gasolina, que inyectan el combustible en la cámara de combustión en el momento exacto en que las lumbreras de exhaustación se cierran, han reducido en gran medida el consumo y las emisiones que tenía la anterior generación de motores de dos tiempos, convirtiéndose en una alternativa a los motores de cuatro tiempos.

Son motores menos eficientes que los de cuatro tiempos, pero entre sus ventajas se encuentran que a igualdad de tamaño son más potentes que aquellos, y también que son más económicos de adquisición, puesto que son más sencillos de diseño.

Los motores de cuatro tiempos, al contrario de lo que sucede con los de dos tiempos, presentan un sistema de lubricación independiente al de combustible. La no presencia de aceite en la cámara de combustión tiene un efecto directo y clave, que es la reducción de las emisiones contaminantes, lo que unido a la mayor eficiencia y menor consumo de este tipo de motores, representan sus dos principales ventajas.

Un motor de cuatro tiempos puede llegar a consumir hasta un 60% menos que un motor de dos tiempos convencional equivalente.

Sin embargo, esta independencia del sistema de lubricación, o la existencia de las válvulas de admisión y exhaustación entre otros, hacen que sean motores más complejos que los de dos tiempos, más voluminosos y pesados y también más caros.

La utilización de motores fuera borda de cuatro tiempos es relativamente reciente y ha venido impulsada, en gran medida, por la necesidad de reducir las emisiones contaminantes, aunque cada vez está más impuesta en todos los rangos de potencia.

En todo caso, es muy importante mencionar que habitualmente, en las embarcaciones en que se equipan motores fuera borda, éstos son prácticamente la única fuente de consumo de combustible, por tratarse de embarcaciones pequeñas con muy pocos consumidores de otro tipo.

Es por ello que la selección adecuada del motor va a condicionar la eficiencia de la lancha; este deberá disponer de la potencia necesaria para propulsar la embarcación a la velocidad de crucero requerida, funcionando a su régimen de mínimo consumo y no deberá estar sobredimensionado ni quedarse falto de potencia.

Es necesario, por tanto, establecer una velocidad de crucero racional, la mínima necesaria para la correcta y segura realización de la actividad, basándose siempre en datos objetivos para justificar un posible incremento en la misma. Esta decisión se tratará en apartados posteriores de la publicación.

4.2. MOTORES DIÉSEL INTRABORDA.

Hoy en día, los motores diésel son mayoría en lo que se refiere a propulsión de buques, con rangos de potencia que van desde unos pocos caballos hasta más de 100.000. De entre los motores diésel, pueden distinguirse motores de dos tiempos, lentos y utilizados cuando son necesarias grandes potencias, y motores de media velocidad de cuatro tiempos.

Los rendimientos de los motores de ciclo Diésel son superiores a los de gasolina y, por lo tanto, sus consumos de combustible son menores. Como ya se ha mencionado, los motores fijos que se dispongan en buques de pesca bajo cubierta o en tambuchos, deben tener combustibles cuyo punto de inflamación sea superior a 60°C, por lo que en estos casos la única opción disponible es el motor diésel. Es lo que sucede en la mayor parte de buques de pesca de todos los tamaños y en las embarcaciones de pesca artesanal de mayores tamaños, en las que la opción de un fuera borda no es viable.

En el caso de las pequeñas lanchas de pesca artesanal, puede darse la opción de optar entre un motor fijo diésel o un fuera borda de gasolina. Entre las ventajas que ofrece un motor fijo diésel frente a uno de gasolina están su mejor rendimiento y menor consumo de combustible, que además normalmente es más económico que la gasolina, su mayor durabilidad y resistencia, aunque también son motores más pesados y que requieren de una instalación más compleja, y son más caros.

A la hora de decidirse por una de ambas opciones, es necesario evaluar las horas de uso del motor. Si técnicamente es viable la instalación a bordo de un motor diésel fijo, éste será más rentable cuanto mayor sea el número de horas de operación al año (dependiendo del tipo de buque, suelen ser rentables a partir de 250 a 350 horas de uso al año).

Actualmente, en el rango bajo de potencias, la mayor parte de motores diésel son de aspiración natural, mientras que a medida que se aumenta la potencia es más común la turbo compresión como método de aspiración. Este sistema mejora el rendimiento de los motores (alrededor de un 15%), aumenta la potencia a igualdad de cilindrada y reduce su tamaño y su peso.

Es por ello que en la actualidad, la mayor parte de la flota pesquera de altura utiliza motores de este tipo, diésel, de cuatro tiempos y turboalimentados.

5. EL BUQUE PESQUERO: PRODUCCIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO.

Los buques presentan una capacidad de generación energética que debe satisfacer las necesidades propulsivas del mismo (travesía y operación pesquera) y abastecer a los equipos destinados a cubrir los servicios del buque.

La rentabilidad económica de la operación del buque pesquero está íntimamente ligada a los costes de operación en actividad, destacando entre ellos los debidos al consumo del buque, que además de relevantes se pueden considerar como fijos. La correcta gestión energética del buque pesquero (para propulsión y servicios), así como la selección coherente de los equipos productores y consumidores, integrados y dimensionados de acuerdo a las necesidades reales de operación, conducen a ahorros significativos en inversión inicial, en mantenimiento y por supuesto de consumo energético en operación. Todo ello se traduce, finalmente, en un descenso en costes y por tanto, en un aumento de la rentabilidad económica del buque como entidad empresarial.

Es necesario tener presente que del total de consumos por marea de un pesquero, el porcentaje destinado a propulsión está entre el 70 y el 85% del total consumido.

Éste varía dependiendo del tipo de buque, su condición de operación, sus dimensiones, la disposición de su cámara de máquinas y el tipo y número de consumidores.

En el caso de las embarcaciones menores, en su mayoría equipadas con motores fuera borda, este porcentaje se incrementa dado que el número de consumidores a bordo es muy reducido. Es por ello que la importancia de una correcta selección del grupo propulsor es de mucha importancia desde el punto de vista del ahorro energético.

En el tren propulsivo, las pérdidas más importantes son las debidas al rendimiento propio del motor y del propulsor, por lo que será necesario un especial cuidado en la elección de estos equipos y en su integración, por lo que el conocimiento de las condiciones de operación del buque y su situación serán determinantes para una correcta gestión energética del buque.

5.1. CONSUMIDORES PRINCIPALES Y MOTORES AUXILIARES.

La optimización energética del buque pesquero, tal y como se ha dicho, pasa además por un dimensionamiento eficiente no sólo de la planta propulsora, sino también para la planta de generación eléctrica.

La predicción de las necesidades de energía eléctrica depende en gran medida de la definición de las condiciones de operación, tanto en tiempo como en determinar qué equipos operan y en qué régimen. Esta estimación es la empleada en los balances eléctricos de proyecto. Sin embargo, la falta de correspondencia con los equipos realmente instalados y los usos de los mismos, provoca no pocos desajustes en los rendimientos operacionales de la planta eléctrica.

a) Selección de auxiliares.

Alternativas de funcionamiento El Protocolo de Torremolinos obliga a instalar dos grupos electrógenos (uno puede ser un alternador de cola), que sean capaces de mantener independientemente el suministro eléctrico al buque, excluyendo las necesidades eléctricas propias de la operación pesquera. La disposición de cámara de máquinas de aquí derivada puede variar mucho, siendo función del tipo de actividad que realice el buque, del tipo de propulsor y de características del régimen del motor principal. Como máxima, se puede indicar que en una planta propulsiva diésel convencional, cuanto más adaptadas estén las capacidades de los motores a las de los consumos reales demandados, más eficiente será la planta.

En este sentido, es aconsejable, para buques con motores principales diésel que trabajen a revoluciones constantes, instalar un alternador de cola movido por el motor principal, ya que el incremento de consumo que le supone al motor principal el aumento de carga para generación eléctrica, es menor que el consumo de otro motor auxiliar (e incluso más recomendable si consideramos el coste de adquisición y de mantenimiento de otro motor). En el caso de generación eléctrica mediante un motor principal que opere a revoluciones variables, el ahorro conseguido por kW eléctrico generado frente al diésel generador auxiliar, será menor que en caso del motor a revoluciones constantes, además de presentar problemas de regulación.

Como ejemplo del ahorro comentado, supongamos un buque cuya condición de navegación demanda para propulsión menos de la mitad de la potencia nominal propulsora instalada en el buque. El buque lleva instalado un motor auxiliar de 90 kW y un alternador de cola de 90 kW acoplado al motor principal. Si el buque en esa condición de navegación necesita generar además de la potencia propulsiva una potencia eléctrica de 90 kW, pueden emplearse dos alternativas: o la produce el motor principal a través del alternador de cola, produciéndose un incremento de consumo en el motor principal, o bien es generada por el motor auxiliar, con el consumo que esto implica en el mismo. Si se compara el incremento de consumo en el principal con el consumo del auxiliar para generar los 90 kW eléctricos demandados, se obtienen los siguientes resultados:

Comparativa del coste de generación eléctrico en un buque cuya condición de navegación demanda menos de la mitad de la potencia propulsora instalada en el buque con una demanda de potencia eléctrica de 90 kW

Generación de potencia eléctrica				
Alternativas de generación		Potencia Nominal (kW)	Consumo (l/h kW Eléctrico)	Dife- rencia (%)
Motor Auxiliar		90	0,2	15
Motor Principal + Alternador de Cola	Motor Principal	960	0,17	
	Alternador de cola	90		

Tabla 4.1. Alternativas de generación

Como se puede apreciar, es claro el ahorro que se obtiene mediante el uso de un alternador de cola en este tipo de situaciones.

La instalación de un alternador de cola proporciona también mayor versatilidad, al poder acoplarlo o desacoplarlo del motor principal.

Así, en caso de ser necesario aprovechar toda la potencia del motor principal o para mantener su funcionamiento dentro de la zona de rendimiento óptimo, se podría sustituir el uso del alternador de cola por el de un auxiliar o a la inversa. Esto es importante en

buques que necesitan disponer de gran versatilidad de operación, como por ejemplo arrastreros que pueden actuar a la pareja o solos.

En el primer caso, es posible que un aumento de carga en el motor principal mejore el rendimiento del motor, mientras que en el segundo, puede ser necesaria la utilización de toda la potencia disponible para la propulsión.

El sobredimensionamiento de los motores auxiliares presenta el mismo problema de alejamiento del rendimiento óptimo que se ha descrito en los motores principales.

Es muy importante ajustar la potencia de los mismos a los requisitos reales del buque, de manera que operen la mayor parte del tiempo en su régimen de rendimiento óptimo.

b) Consumidores principales.

A continuación se describe, para los equipos consumidores más habituales, su peso relativo respecto a la potencia total de consumidores instalados y el consumo máximo que supone cada uno sobre el total de potencia eléctrica consumida en una condición de navegación:

- En los pesqueros por norma general, el principal consumidor serán las maquinillas y el tambor del equipo de pesca, que a menudo suponen más del 50% de la potencia en consumidores instalada.

Su peso relativo de consumo puede llegar al 60% de la potencia eléctrica total consumida en la condición de faenando.

- Equipos de climatización: su potencia nominal alcanza el 12% de la potencia total de consumidores en el buque; su consumo relativo llega al 20% para alguna condición de navegación.

- Iluminación: a pesar de que su peso relativo en la potencia nominal instalada es bajo, alrededor de un 5%, alcanzan consumos relativos de hasta un 17% para alguna condición de navegación. Es un consumidor dependiente de las dimensiones del buque y en gran medida también del tipo de faena.

Hay que resaltar que uno de los principales consumidores en este apartado son los proyectores de iluminación de cubierta de trabajo.

- Equipo frigorífico: su potencia nominal supone un 12% de la potencia total instalada. Sin embargo, su peso relativo (depende en gran medida de sus dimensiones) puede suponer hasta un 20% de la potencia total consumida en alguna condición de navegación.

- Distintos equipos conectados a la red: representan hasta un 4% de la potencia total de consumidores, pero llegan a alcanzar el 14% del total del consumo eléctrico. Son difíciles de controlar; un caso muy habitual es el de radiadores o estufas constantemente conectados.

- Maquinillas eléctricas de carga: representan aproximadamente el 4% de la potencia total de consumidores, pero llegan hasta el 10% de la energía consumida en alguna condición de navegación.

- Equipos hidráulicos: aquellas bombas hidráulicas que accionan escotillas, rompeolas, pastecas, cintas transportadoras, grúas... suponen alrededor de un 3% de la potencia total instalada. Sin embargo, alcanzan valores en alguna condición de navegación del 10% del consumo eléctrico.

- La cocina: supone alrededor del 3% de la potencia total de consumidores instalada. Su peso relativo de consumo en alguna condición de navegación puede llegar al 10% de la potencia eléctrica total consumida.



Imagen 4.6. Halador de cubierta

c) Integración del tren propulsivo en la generación de potencia eléctrica y accionamiento de equipos.

La optimización energética de la cámara de máquinas pasa por la integración entre producción de energía eléctrica, propulsiva y consumidores principales, para lo cual es importante disponer de la lista de equipos principales y su condición de operación.

El objetivo final se orienta hacia el máximo aprovechamiento de la potencia producida, minimizando sus costes iniciales y de operación (número de motores, potencia disponible instalada infrutilizada,...).

La mayor eficiencia de equipos particulares considerados aisladamente, puede quedar desvirtuada si éstos no se integran con los demás consumidores del buque durante el tiempo de operación.

Por ejemplo, se presenta el caso de la elección entre maquinillas de arrastre eléctricas accionadas desde un generador auxiliar o maquinillas hidráulicas accionadas por el motor principal. Las primeras se presentan, en principio, como de mayor rendimiento frente a las hidráulicas. Sin embargo con estas últimas, al mejorar el rendimiento del motor principal para esa condición, se obtienen menores consumos que con las maquinillas eléctricas.

No todos los equipos son igualmente sensibles a los cambios de revoluciones del motor que los acciona. A menudo, resulta rentable la instalación de sistemas de control que ajusten las revoluciones transmitidas según la carga del motor de manera que los equipos actúen siempre en condiciones óptimas de operación. Esto supondrá además un menor coste de mantenimiento.

El espacio disponible en cámara de máquinas resulta determinante a la hora de definir una cámara de máquinas integral. Sin embargo, es necesario recordar que el espacio

disponible también es dependiente del consumo, ya que éste define la autonomía y el tamaño de tanques necesario y que, finalmente, también incide en el espacio disponible.

6. REQUISITOS ENERGÉTICOS SEGÚN LA CONDICIÓN DE OPERACIÓN.

6.1. ESTADO DE OPERACIÓN EN LOS BUQUES PESQUEROS.

Conocer los distintos estados de operación del buque de pesca durante las mareas es un factor fundamental, tanto para el dimensionamiento adecuado de equipos y motores, como para la optimización de procesos.

Las distintas condiciones de navegación se pueden definir con los siguientes parámetros:

- Velocidad de operación.
- Tiempo invertido relativo a la totalidad de la marea.
- Carga del motor principal requerida (por velocidad, tiro o régimen de operación de otros equipos movidos por el motor principal en esa condición...).
- Condiciones del propulsor (revoluciones, paso de pala, etc.).
- Régimen de operación de los consumidores principales en esa condición.

Muchas de las características de las condiciones de operación están definidas por la propia actividad pesquera a realizar (por ejemplo, velocidad durante el arrastre).

Sin embargo, otras pueden ser variables según el criterio a adoptar.

a) Operación. Tiempos relativos de condiciones de navegación por marea.

Las necesidades energéticas demandadas por los buques son función de su actividad, por lo que encontraremos grandes diferencias entre los buques de litoral y los de altura.

A menudo, buscando mayor versatilidad en el buque construido, éste se sobredimensiona (tanto en potencia como en dimensiones principales) en previsión de un cambio en la ubicación de la actividad (arrastreros de litoral y altura, por ejemplo), o en su operatividad (arrastreros trabajando a la pareja o solos).

El resultado obtenido es un buque ineficiente energéticamente durante gran parte de su vida útil.

En general, podemos definir las siguientes condiciones de operación para cualquier pesquero:

- Navegación libre: navegación al caladero o desde el caladero hacia el puerto. Su peso relativo respecto a la totalidad de la marea, tanto en tiempo como en coste de combustible, dependerá en gran medida de si el buque es de altura o de bajura.

Como datos orientativos, es necesario apuntar que para buques del día de bajura, con travesías a caladeros situados a distancias de la costa de 24 millas, la cantidad relativa de tiempo empleado por marea está alrededor de 30% y 50% del combustible consumido para propulsión por marea.

Para buques de altura, con mareas de 18 días faenando en caladeros a 315 millas de la costa, se invierte un 15% del tiempo total de la marea. Sin embargo, debido a los requisitos de velocidad que caracterizan a esta condición (dependientes de la potencia del motor y dimensiones del buque) y que oscilan entre 8 y 11 nudos, es una condición en la que se consume un porcentaje muy significativo del total invertido en la propulsión (entre un 25 y un 50%).

En cualquier caso, es una condición claramente modificable para alcanzar mayores ahorros energéticos.

El parámetro más importante será la velocidad. Es necesario definir cuál ha de ser la velocidad más adecuada en travesía. En esta condición se recomienda como premisa fundamental que el motor opere lo más cerca posible del 85% de su potencia nominal, para que opere con el mejor rendimiento posible; sin embargo, habrá que considerar más factores, como disponer de más tiempo para faenar, frente al mayor consumo específico derivado de actuar con el motor a menor rendimiento.

Siguiendo con los casos anteriores, veamos qué supone para un buque que navegue en travesía a 10 nudos, un incremento de la velocidad de 2 a 12 nudos.

En el caso del buque de bajura, aumentaría en un 6% el tiempo disponible para faenar. Ese incremento de tiempo disponible supondría un incremento de consumo total por marea de un 18%.

En un buque de altura, pasar de 9 a 11 nudos supone un incremento total de combustible consumido por marea para propulsión de un 10%, mientras que el tiempo disponible para labores de pesca pasaría a incrementarse en un 3% (medio día de más disponible para faenas de pesca, para una marea de 18 días).

Por tanto, la valoración de cambio de velocidad habrá que tomarla considerando no sólo el incremento en los costes de operación, sino también la rentabilidad del incremento de la oportunidad de aumentar las capturas o de obtener una mejor venta de las mismas.

- Largando aparejo: las características de esta maniobra varían de acuerdo al arte que se emplee (los palangreros largan a velocidades altas y los arrastreros a baja velocidad). A esta actividad se puede destinar entre un 6 y un 15% del tiempo total por marea.

El peso de combustible se encuentra entre un 2 y un 23%, dependiendo del arte de pesca. En aquellos pesqueros en los que esta condición se desarrolla a alta velocidad, es necesario tener en cuenta lo indicado en la condición de navegación libre: moderar la velocidad manteniéndolos en valores aceptables de rendimiento del motor principal.

- Virando aparejo: esta condición, al igual que la anterior, es muy dependiente del arte y modo de operación utilizado durante la faena de pesca. Así, puede suponer hasta el 65% del tiempo total de la marea, o apenas llegar al 5%. Se desarrolla normalmente a velocidades bajas (alrededor de 2 nudos), por lo que el consumo dependerá en gran medida de las dimensiones y formas del buque.

- Arrastrando: los arrastreros suponen el 13% de la flota española. En su actividad, la condición de arrastre es fundamental. Esta maniobra supone entre el 55 y el 70% del tiempo total de la marea. Sus exigencias de velocidad son bajas (entre 2 y 4 nudos) y las demandas de tiro altas (entre 2,5 y 6 toneladas), dependiendo de si realizan su operación a la pareja o individualmente.

Esta condición de navegación es muy comprometida para los buques, ya que en ella se consume entre el 50 y el 70% del total de combustible para propulsión por marea.

Su correcta estimación en el proyecto y su correspondencia con la realidad implica que el motor, el propulsor y su conjunto, presenten rendimientos optimizados.

La falta de correspondencia de las condiciones reales de operación con las proyectadas, lleva en numerosas ocasiones a actividades ineficientes con trenes propulsivos que no se corresponden con las necesidades reales.

Por todo lo anterior, es muy recomendable antes de cambiar el tipo de actividad proyectada para el buque, analizar los nuevos requisitos de arrastre y cómo actuar sobre los motores y equipos implicados para maximizar el rendimiento del conjunto.

Como guía general, es importante tener en cuenta que el hecho de que el motor principal no esté operando de forma eficiente (dentro del margen de potencia oportuno) llevará a sobrecostes, por lo que en caso de demanda inferior o superior de potencia, habrá que considerar medidas correctoras (por ejemplo, que el motor mueva un alternador de cola o ajustar adecuadamente la velocidad en arrastre). Habitualmente, el exceso de consumo por marea en arrastreros (hasta un 10%), se debe a una mala selección de la velocidad de operación y del paso en las hélices de paso variable durante la condición de arrastre, en la que el empuje demandado es grande y la velocidad de avance es baja. En esta condición, el rendimiento de la hélice, a las revoluciones constantes del motor, aumentará disminuyendo el paso (y por lo tanto la potencia demandada al motor será menor).

Si la condición de navegación cambia a una con velocidad elevada y empuje demandado menor, el rendimiento de la hélice se mantendrá aumentando el paso.

.

7. ALTERNATIVAS DE AHORRO ENERGÉTICO.

En las secciones anteriores se han abordado las medidas de ahorro energéticas relativas a la propulsión y generación de energía. Si bien estos son los principales consumidores, existe un conjunto de medidas adicionales que permiten mejorar el rendimiento energético del buque actuando sobre otros puntos.

La necesidad de mejorar el rendimiento energético de los buques debido al incremento del precio del combustible ha hecho que durante la última década hayan surgido diversos sistemas tanto para aprovechar el calor residual como para mejorar el rendimiento de los existentes. Las limitaciones de empaque y volumen en los buques de pesca, así como el grado de desarrollo de algunas de estas soluciones, limitan la incorporación de estas tecnologías.

Las medidas que se analizan en este apartado implican un conjunto de pequeños ahorros que juntos, pueden constituir un ahorro significativo. Sin embargo, para que estos sistemas sean efectivos, es necesario involucrar a toda la tripulación en el propósito del ahorro energético y ser conscientes del coste de la energía que se utiliza a bordo.

Para analizar la influencia de las distintas medidas sobre el consumo energético es necesario, en primer lugar, analizar el reparto de los principales consumidores a bordo.

Es importante tomar conciencia de la influencia relevante que tiene el correcto hábito de empleo de los consumidores energéticos en la gestión eficiente de la energía.

7.1. APROVECHAMIENTO DEL CALOR RESIDUAL.

El rendimiento de un motor diésel turboalimentado se sitúa por debajo del 40%.

Esto implica que, en torno al 130% de la energía útil para la propulsión se emite en forma de calor a través de los gases de escape, el agua de refrigeración y mediante radiación y conducción al ambiente. Hay que señalar que este calor no puede aprovecharse en su totalidad debido a diversas consideraciones, entre las que se encuentra que los gases de escape no pueden enfriarse por debajo de la temperatura de condensación del vapor de agua, para evitar la aparición del ácido sulfhídrico, o la dificultad de extraer el calor radiado y emitido por convección.

Incluso considerando estas restricciones, es evidente que existe una importante fuente de calor que, de una forma sencilla, puede aprovecharse a bordo.

En el caso del agua de refrigeración, la temperatura aproximada de salida de la misma en un motor propulsor de 900 kW a 1.000 rpm, es de unos 90°C en el circuito de alta temperatura y de 50°C en el de baja temperatura.

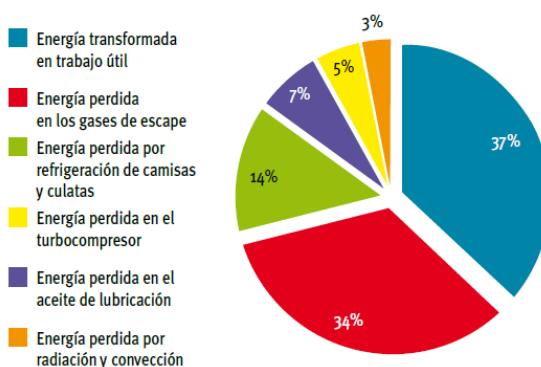


Imagen 4.7. Balance térmico de un motor diésel de 4 tiempos sobrealimentado

Así pues, la energía residual generada puede ser empleada como foco caliente en intercambiadores de calor de equipos que proporcionen servicios al buque.

Un ejemplo de este tipo de aplicaciones sería su empleo en las plantas de desalinización, mediante destilación multietapa para el servicio de agua potable.

La sustitución de una planta de ósmosis por una de destilación utilizando energía residual (suponiendo cubiertas las necesidades térmicas por la energía residual del motor principal), supondría un ahorro de “coste energético eléctrico” aproximado del 80% en kWh/m³ (una planta de ósmosis inversa en un buque de 16 tripulantes supone un consumo continuo de unos 3,5 kW).

Otra de las alternativas es la utilización de los gases de escape. Éstos poseen una energía calorífica residual que puede ser empleada ya que, por ejemplo, la temperatura de los gases de escape de un motor diésel de 900 kW a 1.000 rpm, alcanza los 300°C. En este caso, como se ha dicho, hay que ser cuidadoso con el salto térmico que van a experimentar los gases si actúan como foco caliente ya que por debajo de 160°C se produce la condensación del ácido sulfúrico, altamente corrosivo).

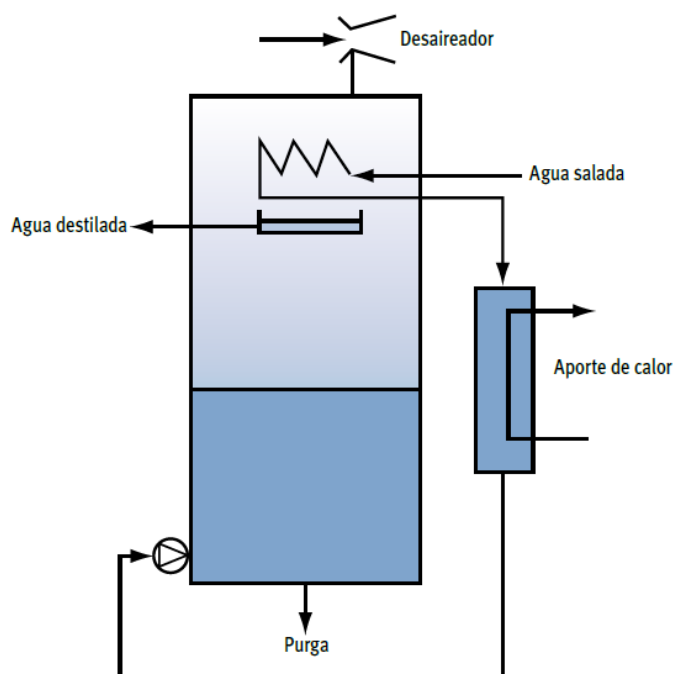


Imagen 4.8. Sistema de destilación aprovechando el calor residual.

Este salto térmico, de unos 140°C (aunque condicionado por el flujo y capacidad calorífica de los gases de escape), define una potencia calorífica que puede ser empleada en un sistema de calefacción para habitación, con aceite térmico o agua (la temperatura del agua necesaria para un sistema de calefacción convencional está entre 60 y 80°C), mediante el uso de un intercambiador de calor.

En todo caso, cuando el motor actúe a baja potencia, sin alcanzar sus gases de escape la potencia calorífica necesaria para calentar el fluido, tendría que emplearse un calentador auxiliar. Por tanto, la conveniencia del aprovechamiento de los gases de escape está regida en gran medida por la potencia desarrollada por el motor y su continuidad en el tiempo. Es necesario destacar que un equipo de aire acondicionado con resistencias eléctricas, supone unos 33 kW (para una habitación de hasta 16 personas en un buque de 36 m de

7.3. EQUIPOS DE FRÍO.

Entre los equipos de frío, presentes normalmente a bordo de los buques de pesca, destacan por su consumo energético las bodegas refrigeradas, los túneles y los armarios de congelación, los generadores de hielo y las gambuzas refrigeradas.

Algunas consideraciones generales en este tipo de equipos son:

- Verificar el correcto funcionamiento de los termostatos.

Entre los motivos que pueden producir este mal funcionamiento se encuentra la presencia excesiva de hielo formado en espacios refrigerados, que debe ser evitada.

- Controlar la temperatura de las instalaciones en función de la temperatura exterior (menos frío en el interior de los equipos para temperaturas ambientales bajas reduce el tiempo de operación).
- El calor liberado por la instalación no ha de tener barreras en su disipación, evitándose así la sobrecarga de la misma.
- Minimizar en la medida de lo posible el contacto directo entre el interior del equipo y el ambiente externo, ya que esto aumenta la energía consumida para preservar las condiciones taradas. En este sentido, se ha de verificar la eficacia de los medios de cierre para evitar fugas.
- En este caso el tamaño será también relevante en el consumo. Una correcta adecuación del tamaño a las necesidades reales tendrá consecuencias evidentes en el ahorro energético.

Otro factor a considerar es la conveniencia de emplear el equipo de generación de hielo a bordo o adquirir el hielo en puerto, para aquellos buques que presenten posibilidad de ambas alternativas (tanto porque tienen generadores de hielo a bordo y posibilidad de mantenimiento del hielo a bordo como por su tiempo de marea). En este aspecto es importante tener en cuenta que la generación de hielo a bordo sale un 60% más caro que adquirirlo en puerto.

7.4. OTROS EQUIPOS.

A bordo del buque de pesca se dispone de un elevado número de equipos y servicios que debido a requerimientos de seguridad u operatividad han de estar siempre en funcionamiento durante la navegación, tales como el servicio de comunicaciones, la ventilación de la cámara de máquinas o el servomotor.

Sin embargo, es necesario considerar qué equipos conectados no esenciales son realmente utilizados en el momento que están encendidos, tales como radiadores, televisores y otros electrodomésticos. Es muy importante evaluar qué equipos son realmente necesarios cuando el buque se encuentra atracado a puerto (cuando existe personal a bordo), teniendo en cuenta que muchos de los equipos esenciales durante la navegación dejan de serlo.

El ahorro con estas medidas es relativamente pequeño frente a otras. Sin embargo introduce un elemento muy importante, que es involucrar a toda la tripulación en la tarea del ahorro energético, dando una medida del coste de la energía a bordo.

8. IDEAS INNOVADORAS.

Además de las opciones ya descritas para el ahorro de combustible, existe una serie de nuevas alternativas a la propulsión convencional y que en muchos casos pueden proporcionar al armador sustanciales ahorros en sus costes de operación y, al mismo tiempo, mejoras en lo que se refiere a contaminación atmosférica.

Son una serie de experiencias innovadoras que pueden formar parte del futuro inmediato de la propulsión de los buques de pesca.

8.1. UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS. COMBUSTIBLES GASEOSOS (GLP + GNL).

Como se ha visto en apartados anteriores, los principales combustibles utilizados en la actualidad (y casi exclusivamente), son el gasóleo y la gasolina (en embarcaciones de esloras reducidas y en motores fuera borda).

Sin embargo, y debido al enorme crecimiento que ha experimentado el precio de ambos productos, se han iniciado proyectos para la utilización de otro tipo de combustibles para la propulsión de buques y embarcaciones de pesca, más económicos que los anteriormente citados.

Ejemplos de este tipo de experiencias son el uso de combustibles gaseosos, como el GLP (Gas Licuado de Petróleo) o el GNL (Gas Natural Licuado).

El gas natural está compuesto principalmente de metano, siendo menos denso que el aire. Para su transporte se adoptan dos estrategias diferenciadas. Por un lado, la compresión en tanques a temperatura ambiente (a presiones de hasta 240 atm) y por otro, el transporte refrigerado a unos -160°C en tanques criogénicos, a presiones de hasta 15 atm.

La reducción de volumen que se obtiene mediante la compresión es mucho menor que en el caso de tanques refrigerados, y por lo tanto la cantidad de gas que se puede transportar de este modo, en tanques de igual volumen, es muy inferior. Si a esto unimos que los tanques deben ser mucho más resistentes, y por tanto pesados, puede apreciarse que en el caso del gas natural, la refrigeración es el método de almacenaje más apropiado para su uso en buques.

El Gas Licuado de Petróleo (GLP), es principalmente una mezcla de butano y propano, más densa que el aire y que se almacena a presión en estado líquido, a unas 15 atm.

En ambos casos existen dos claras ventajas frente a los combustibles tradicionales. Por un lado, en este momento ambos son más económicos que el gasóleo y la gasolina, y por otro, sus emisiones atmosféricas, y por lo tanto su influencia en el deterioro del medio ambiente, son mucho menores (reducciones de hasta el 85% de emisiones de NO_x y de hasta el 20% de CO_2). Sin embargo, y por tratarse de combustibles gaseosos, presentan unos requerimientos de seguridad mayores y por tanto, una instalación sensiblemente más compleja, especialmente en el caso de los buques de mayor tamaño.

Aunque poseen unas características energéticas similares a las del gasóleo utilizado hasta ahora en la propulsión de buques pesqueros pequeños y medianos, el rendimiento de los motores con combustible gaseoso es ligeramente inferior a los que utilizan combustibles tradicionales.

Dado su carácter gaseoso, su instalación en buques precisa de un detallado análisis previo. Por un lado, su almacenaje no puede realizarse en los tanques estructurales en los que normalmente se dispone el gasóleo, y deben utilizarse tanques independientes situados adecuadamente dentro del buque. Por otro lado, los sistemas de control y seguridad, detección de gas y de incendios, son más complejos que en el caso de un buque convencional.

Hasta el momento, y motivado en gran parte por los factores anteriormente mencionados, la utilización de este tipo de combustibles no ha sido realizada en buques de pesca de mediano y gran tamaño, aunque, existen experiencias piloto para su uso en embarcaciones menores.

Sin embargo, la aplicación del GNL como combustible sí se ha realizado con éxito en buques de otro tipo, tanto mercantes como de pasaje, obteniendo ahorros en el combustible y, principalmente, mejoras medioambientales.

Esta alternativa normalmente se utiliza junto con un sistema de propulsión diésel-eléctrico, en la que los motores generadores utilizan como combustible GNL exclusivamente, o bien indistintamente GNL o gasóleo (motores duales), aunque también se utiliza la alternativa tradicional con línea de ejes, siendo el motor propulsor de alguno de estos tipos. En el caso del GLP, en parte debido a su mayor peligrosidad, mayor coste y menor reducción de las emisiones en comparación con el GNL, aún no se ha introducido como combustible para propulsión.

En el caso de las embarcaciones menores, la utilización de gases para la propulsión en motores fuera borda de gasolina adaptados es más habitual, especialmente en países de Latinoamérica. A nivel estatal existe una experiencia piloto, coordinada desde el CETPEC de Celeiro (Lugo), para la utilización de GLP en motores de este tipo.

La transformación de los motores de ciclo Otto (los de gasolina) a su uso con combustibles gaseosos, es mucho más simple que la de los motores de ciclo Diésel, y de hecho, se lleva practicando desde hace muchos años en otros sectores (transportes públicos o automóviles particulares).



Imagen 4.10. Embarcación de bajura propulsada mediante GLP

Esta experiencia, hasta el momento, está resultando muy positiva. Los kits de transformación son muy sencillos de instalar, su mantenimiento es reducido, y la seguridad del sistema es similar e incluso superior al uso de gasolina. Teniendo en cuenta que los consumos del motor se encuentran en ambos casos en un rango muy similar, los ahorros que se obtienen por el uso del GLP son cuantiosos (superiores al 30%), debido a la diferencia de precio entre ambos combustibles.

8.2. PROPULSIÓN MEDIANTE VELAS Y COMETAS.

La propulsión mediante velas ha sido, desde la antigüedad y hasta la aparición de la máquina de vapor, la única forma de propulsión de todos los tipos de buques existentes. Sin embargo, y debido a la dependencia de las mismas de los factores meteorológicos, fueron progresivamente viéndose sustituidas hasta su casi total desaparición, salvo en el caso de las embarcaciones de recreo, de competición y de algunos buques aislados, tanto de pasaje como de pesca.

Sin embargo, los ahorros energéticos que se pueden obtener mediante la propulsión a vela son muy grandes, de hasta un 80% en condiciones óptimas y en buques diseñados a tal efecto.

La máxima eficiencia obtenida de las velas se presenta cuando el buque ha sido diseñado específicamente para el uso de las mismas e, incluso en esos casos, presentan una serie de inconvenientes importantes, como por ejemplo, que es necesario una tripulación entrenada y dispuesta a realizar su manejo, la dependencia de las condiciones meteorológicas, la reducción de espacio en cubierta, etc.

En el caso de buques ya construidos, a los que se desee instalar velas, se presentan otra serie de cuestiones que deben ser estudiadas, como la reducción de estabilidad que produce la adición de pesos elevados y los pares escorantes generados por las velas, el equilibrado de las mismas, o el entorpecimiento de las maniobras de carga y descarga generado por la nueva jarcia. Hay que tener en cuenta, además, que las disposiciones generales de estos buques no suelen estar adaptadas a la instalación de velas.



Imagen 4.11. Buque de pesca con propulsión auxiliar mediante velas convencionales.

Además de las velas de lona tradicionales existen otros sistemas, con una aplicación práctica mucho más reducida, pero que obtienen unos rendimientos superiores a éstas, como pueden ser los rotores Flettner, las turbovelas o las velas rígidas, aunque en todo caso son mucho más costosos que un sistema de velas de tejido tradicionales.

Como último sistema de propulsión eólico, mencionar la propulsión mediante cometas. Este sistema, de muy reciente implantación, se encuentra en la actualidad en fase de pruebas, con unos resultados muy prometedores.

Es un sistema auxiliar, que opera en conjunto con el motor propulsor del buque y que reduce la carga del mismo, rebajando sus consumos. Está compuesto por una gran cometa, que es la que genera la fuerza de arrastre, unida al buque mediante un carretel de sujeción y controlada mediante una unidad remota situada en la cometa.

Para su correcto largado y recogida dispone de una pluma telescópica que se sitúa en la proa del buque y que se extiende para la realización de ambas maniobras.

Este sistema tiene una serie de ventajas claras frente a un sistema de velas convencional. En primer lugar, en lo que se refiere a su posible instalación en buques ya existentes, es

que no es necesario un gran espacio para su instalación ni esta implica una gran dificultad o coste. Además, y dado que el punto de aplicación de la fuerza tractora está en cubierta, en crujía, la componente escorante de la misma es mucho menor que la generada en las velas tradicionales. Esto implica que la reducción de estabilidad que produce la utilización de este sistema será inferior a la que produce un sistema de velas convencionales.

Teniendo en cuenta que su control es totalmente automático, no es necesario que la tripulación realice maniobras complejas ni esté entrenada al respecto.

Por último, remarcar que dado que las cometas vuelan a una altura elevada, el viento que utilizan es más estable y de una intensidad mayor que el que se encuentra al nivel del mar, obteniendo por tanto rendimientos más elevados.

Sin embargo, también presenta una serie de inconvenientes que conviene enumerar. En primer lugar, lo novedoso del sistema; aún requiere de un dilatado período de pruebas para asegurar un funcionamiento correcto y sin fallos. Y en segundo lugar, es un sistema que, al igual que las velas, depende enormemente de las condiciones meteorológicas y del rumbo que el buque desee mantener en cada momento. Asimismo, el coste de adquisición del sistema es sensiblemente superior al de las velas convencionales.

Además, al tratarse de buques de pesca, dependiendo del tipo de arte utilizada es posible que durante la faena no sea factible desplegar la cometa (por ejemplo en el caso de los buques de cerco o palangre).

En estos casos, las cometas serían utilizadas exclusivamente en los viajes de ida y vuelta al caladero.



Imagen 4.12. Sistema de propulsión mediante cometas.

Por el contrario, se trata de un sistema que puede ser muy útil en arrastreros durante la maniobra de arrastre, que es cuando se produce mayor consumo de combustible en este tipo de buques, y durante la que además, el buque navega a baja velocidad. Si además se consigue realizar esta maniobra con vientos desde el través hacia la popa, nos encontramos en las condiciones óptimas de operación de las cometas, pudiendo obtener ahorros de combustible muy representativos.

8.3. PROPULSIÓN DIÉSEL-ELÉCTRICA.

Los sistemas de propulsión diésel-eléctrica convencionales consisten en sustituir los motores propulsores diésel acoplados a la hélice mediante la línea de ejes, por un motor propulsor eléctrico, que es el que se une a la hélice, y un conjunto de generadores eléctricos diésel, encargados de suministrar la energía necesaria para los consumidores del buque y también para el motor propulsor.

Este sistema es utilizado cada vez con mayor frecuencia en buques de tamaño medio y grande, desde cruceros de pasaje hasta buques de suministro a plataformas petrolíferas u oceanográficas. La aplicación directa del mismo en buques de pesca implica una serie de problemas, especialmente el del espacio disponible.

Sin embargo, puede realizarse una adaptación del mismo para un buque pesquero de tamaño medio, con unas características de operación determinadas, obteniendo otras muchas ventajas además de reducciones en el consumo de combustible.

Teniendo en cuenta que una de las ventajas de la propulsión diésel-eléctrica es la de no tener caídas de rendimiento a bajas potencias, al contrario de lo que ocurre con los motores propulsores diésel, puede aprovecharse esta característica en aquellos buques de pesca cuya actividad requiera de períodos prolongados de actividad a bajas velocidades. En el caso de una planta propulsora convencional, cuando el buque se encuentra navegando a velocidad reducida, el motor propulsor se encuentra funcionando en un punto de operación muy lejano al de diseño y, por lo tanto, muy poco eficiente.

En el sistema que se plantea se utiliza un motor eléctrico acoplado a la reductora del buque, y alimentado desde los generadores (cuya disposición y potencia deben adaptarse a esta nueva configuración). El motor diésel se mantiene para la propulsión del buque a la velocidad máxima, mientras que para operación a velocidad reducida, los diésel-generadores proporcionan potencia al motor eléctrico y al buque, desembragando el motor diésel principal y actuando entonces con propulsión eléctrica. Estos diésel-generadores operan en una zona de funcionamiento cercana a su óptimo de rendimiento y por lo tanto, la eficiencia global de la planta es mucho mayor.

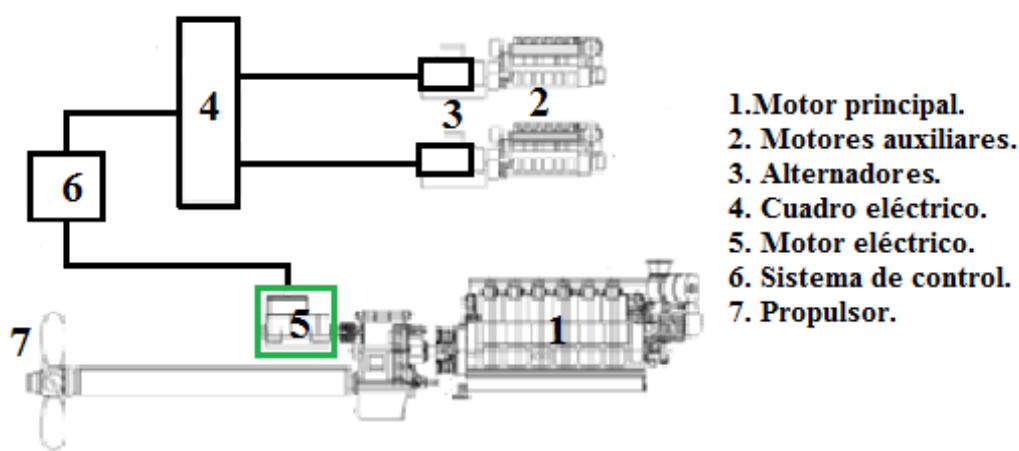


Imagen 4.13. Esquema de un sistema de propulsión diésel-eléctrico.

Este sistema, además de las ventajas económicas, presenta una serie de ventajas que podemos definir como “no cuantificables” sobre la configuración convencional.

Algunas de ellas son las siguientes:

- Mayor eficacia de la propulsión a bajas velocidades (debido al mayor par a bajas revoluciones de los motores eléctricos) y una gran mejora en la maniobrabilidad (debida a la mayor rapidez de reacción de los motores eléctricos y a la no necesidad de embragar-desembragar constantemente en maniobras casi en parado o de adelante-atrás).
- Una mayor redundancia y por tanto seguridad para el buque. Con este sistema, y en caso de una posible avería del motor principal, siempre se dispondrá de una propulsión de reserva para vuelta a puerto.

- La posibilidad de realizar en alta mar, en momentos de poca actividad, reparaciones o mantenimientos del motor principal, que en el caso de contar únicamente con propulsión diésel sólo se podrían llevar a cabo en puerto.

9. PROTOCOLO DE AUDITORÍA ENERGÉTICA.

El objetivo principal de una auditoría energética es dar a conocer al armador cuál es el estado energético de su buque, es decir, proporcionarle un análisis detallado de cómo es el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones de los diferentes consumidores que existen en su buque, además de conocer el estado de sus componentes, sus consumos energéticos y sus correspondientes costes de explotación.

Partiendo de esta auditoría, puede conocerse cuáles de entre los equipos del buque son más o menos eficientes, en qué puntos podrían aplicarse medidas correctoras que busquen mejorar la eficiencia energética y en qué medida afectarán las mismas a la rentabilidad del buque...

Una vez finalizado el proceso de toma de datos, debería encargarse a un especialista la realización de un análisis de los mismos y un posterior informe, que resuma el contenido de la auditoría y sus principales conclusiones, incluyendo aquellos aspectos relevantes que caractericen a la embarcación desde el punto de vista energético.

En este informe debería hacerse especial mención a los siguientes aspectos:

- Calificación energética general del buque.
 - Eficiencia energética de la planta propulsora instalada.
 - Equilibrio de la planta de generación eléctrica frente a los consumidores presentes.
 - Puntos críticos de consumo energético detectados.
 - Resumen de las medidas correctoras propuestas.
 - Principales recomendaciones de adopción de medidas correctoras.
- Ahorros energéticos y económicos obtenidos con las mejoras propuestas.

10. MARCO LEGISLATIVO ACTUAL

El marco de actividad de la pesca se encuentra regulado en todas sus facetas.

Sin embargo, en nuestro caso es interesante conocer aquellas que se encuentran afectadas cuando se desea acometer un programa de mejora de la eficiencia energética en una embarcación o buque de pesca. Por un lado, en lo que se refiere a la construcción y navegabilidad del buque, seguridad, etc., sobre las que cualquier reforma a bordo puede tener consecuencias y, por otro, en lo que se refiere a la protección del medio ambiente, ya que, en la actualidad, los requisitos en este aspecto son cada vez más estrictos y pueden llevar a la necesidad de acometer reformas a bordo.

Como sucede en otros sectores, la construcción, reforma y operación de las embarcaciones y buques dedicados a actividades de pesca, están sometidas a distintas normativas, de obligado cumplimiento, y que abarcan desde el ámbito nacional exclusivamente para las embarcaciones más pequeñas, hasta el internacional para los grandes buques de pesca de altura.

Asimismo, existe una serie de reglamentos publicados por las llamadas Sociedades de Clasificación, que aunque no son obligatorios, pueden ser muy recomendables en determinados casos y utilizados como guía o referencia en otros.

Es por ello que, en caso de tomarse la decisión de adoptar algún tipo de medida de ahorro de combustible o eficiencia energética que implique una modificación en el buque o embarcación, será necesario consultar estos reglamentos para mantenerse siempre dentro de la legalidad o solicitar los certificados precisos si fuese necesario.

Las embarcaciones y buques, en lo que se refiere a normativa de aplicación, se dividen en menores y mayores de 24 metros de eslora.

La reglamentación de aplicación a las embarcaciones de eslora inferior a 24 m es exclusivamente de ámbito nacional, mientras que para las de eslora mayor, se dispone normativa nacional, europea e internacional.

10.1. NORMATIVA RELATIVA A LA SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS BUQUES PESQUEROS.

10.1.1. EMBARCACIONES DE ESLORA INFERIOR A 24 M.

La reglamentación aplicable en lo que se refiere a seguridad y prevención de la contaminación a las embarcaciones de menos de 24 m de eslora, a la fecha de edición de esta guía, es el Real Decreto 543/2007, del 27 de abril, por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L).

En este documento se recogen los requerimientos referidos a construcción, estanqueidad y equipos de fondeo (Anexo I), estabilidad y francobordo (Anexo II), máquinas (Anexo III), instalaciones eléctricas (Anexo IV), incendios (Anexo V), salvamento (Anexo VI), seguridad en la navegación (Anexo VII) y prevención de la contaminación (Anexo VIII). El cumplimiento de estos Anexos es función de la eslora de la embarcación a considerar, así como de la actividad que realiza (pesca local, de litoral, de altura o de gran altura). En todo caso, la clasificación se incluye en el citado reglamento.

Cumplir con este reglamento implica estar en posesión de una serie de documentación, función de la eslora de la embarcación (con diferenciación entre embarcaciones de menos de 6 m de eslora, entre 6 y 12 m y superiores a 12 m de eslora). Estos certificados de conformidad se expiden tras una serie de reconocimientos periódicos realizados durante la vida útil de la embarcación, pero que también pueden ser de carácter aleatorio. Es por

ello que no es conveniente la realización de reformas de importancia que puedan afectar a alguno de los apartados recogidos en los Anexos antes mencionados, sin la realización previa de un estudio que verifique que la misma no se encuentra fuera de la legalidad.

Por lo tanto, y a pesar de que la mayor parte de las reformas orientadas a la mejora de la eficiencia energética se corresponden con los Anexos III y IV, modificaciones en estos aspectos pueden producir a su vez efectos en otros apartados.

Por ejemplo, cualquier embarque o desembarque de pesos va a producir variaciones en la estabilidad del buque (Anexo II), y la instalación de nuevos equipos puede requerir de la instalación de nuevas medidas de seguridad (Anexo V).

En todo caso, cualquier modificación debería ser consultada previamente con un experto y, si es necesario, realizado un proyecto detallado de la misma.

10.1.2. EMBARCACIONES DE ESLORA SUPERIOR A 24 M.

La Reglamentación aplicable a los buques de pesca de más de 24 m de eslora se recoge en el Convenio Internacional de Torremolinos para la Seguridad de los Buques Pesqueros, de 1977, enmendado por el Protocolo de Torremolinos, de 1993, en lo que se refiere a seguridad a bordo, construcción, estabilidad, etc., y en el Convenio MARPOL para prevenir la contaminación por los buques (1973), modificado por el Protocolo de 1978, en lo que se refiere a contaminación. Ambos son convenios de la Organización Marítima Internacional, pero además de éstos, existe también una normativa europea y nacional.

El Convenio de Torremolinos fue adoptado por la Unión Europea en 1997 y modificado en 1999 (Directivas 97/70/CE y 99/19/CE) y transpuesto a la legislación española en 1999 (Real Decreto 1032/1999 del 18 de junio), incluyendo algunos requerimientos más estrictos.

Al igual que sucede con las embarcaciones menores de 24 m, en este Reglamento se recogen todos los apartados referidos a construcción, estabilidad, seguridad, etc., pero de un modo mucho más exhaustivo que en el caso de aquellas.

El Convenio MARPOL pretende evitar la contaminación del ambiente marino, incluyendo las aguas y las emisiones atmosféricas. En el primer caso, y entre otros muchos objetivos, se encuentra el limitar las posibles operaciones de los buques que pueden producir contaminación del agua, o especificar las instalaciones que deben disponer los mismos para el tratamiento de residuos, etc. El caso de las emisiones atmosféricas, debido su estrecha relación con los ahorros en el consumo de combustible, es tratado posteriormente en un punto específico.

10.2 SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN.

Las Sociedades de Clasificación son organizaciones que establecen y aplican normas relativas al diseño, construcción e inspección de artefactos navales, entre ellos los buques. Su origen se remonta a la segunda mitad del siglo XVIII, y su objetivo principal era la “clasificación” del estado del buque para el posterior aseguramiento del mismo y de su carga.

En la actualidad, más del 95% del tonelaje comercial total se encuentra clasificado de acuerdo a las reglas de una de estas sociedades. Estos “certificados de clase” no son obligatorios y certifican el cumplimiento de los estándares de la citada sociedad en lo que se refiere al diseño y la construcción del buque, así como que el mismo está sometido a las revisiones especificadas en el reglamento. Sin embargo, y a pesar de no ser de carácter

obligatorio, en la mayor parte de los casos la obtención de un seguro para el buque y su carga, está sometida a la obtención de un certificado de una sociedad de clasificación.

En el caso que nos ocupa, la mayor parte de los buques de pesca de pequeña y mediana eslora no están clasificados, siendo suficiente con la obtención de los correspondientes certificados por parte de la Dirección General de la Marina Mercante.

Sin embargo, y según especifica el Real Decreto 1032/1999 del 18 de junio:

Las normas para el diseño, construcción y mantenimiento del casco, la maquinaria principal y auxiliar y las instalaciones eléctricas y automáticas de un buque serán las especificadas para su clasificación por una organización reconocida o empleada por una Administración.

Es por ello que, para buques de más de 24 m de eslora, aunque no sea necesaria la obtención de los certificados de la sociedad clasificadora, el buque sí debe cumplir los requisitos especificados por una de ellas.

De todas maneras, las reglas de las distintas sociedades de clasificación representan una muy buena guía de diseño en todos los apartados del buque, desde la estructura al equipamiento, maquinaria, sistemas eléctricos, etc., para todos los tipos de buques y encontrándose normalmente un paso por delante en lo que se refiere a la elaboración de normativa que regule los nuevos avances en el sector. De hecho, sus normas y experiencia son, en muchos casos, tomadas como base para la posterior redacción de reglamentos a nivel internacional.

Las sociedades de clasificación más importantes se agrupan en una sociedad llamada IACS (International Association of Classification Societies), que busca una armonización de las reglas de las mismas. Entre las más conocidas se encuentran ABS

(American Bureau of Shipping), BV (Bureau Veritas), DNV (Det Norske Veritas), GL (Germanischer Lloyd), LR (Lloyd's Register of Shipping) o RINA (Registro Italiano Navale).

11. NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL. EMISIONES ATMOSFÉRICAS.

A través de las medidas que pueden ser tomadas para aumentar la eficiencia energética de los buques de pesca, además de obtenerse mejoras económicas derivadas de la reducción del consumo de combustible, se obtienen también y por la misma causa, una serie de mejoras medioambientales de un valor incluso superior, teniendo en cuenta la situación global actual en este campo.

En el caso de los buques, contrariamente a lo que sucede con las instalaciones terrestres, no existe una reglamentación muy severa en cuanto a emisiones contaminantes a la atmósfera se refiere; la previsión es que, si no se adoptan medidas, los buques sean en 2020 la principal fuente contaminante de la atmósfera, por delante de las instalaciones terrestres.

Sin embargo, la tendencia es a aumentar los requisitos exigidos a corto plazo y, por lo tanto, es interesante conocer la reglamentación existente y las posibles tendencias futuras. De hecho, una norma severa en este aspecto puede llevar a la necesidad de la adopción de medidas de ahorro energético, o lo que es lo mismo, invertir la situación actual, en la que es la necesidad de obtener ahorros la que lleva a reducir las emisiones contaminantes. Las emisiones contaminantes que emiten los buques a la atmósfera se dividen en sustancias contaminantes de la atmósfera, gases que producen efecto invernadero y sustancias que agotan la capa de ozono. Entre las más destacadas se encuentran las de dióxido de azufre (SO₂, que provocan deposiciones ácidas), las de óxidos nitrosos (NO_x, que producen también deposiciones ácidas, ozono superficial y eutrofización del medio), los compuestos orgánicos volátiles (COV, que producen ozono superficial), las de dióxido de carbono (CO₂) y las de los halones (que afectan a la capa de ozono).

Teniendo en cuenta que la legislación aplicable al respecto en el ámbito terrestre es mucho más exigente que en el marino, las emisiones contaminantes procedentes de los buques (NO_x y SO₂) son, comparativamente, más elevadas que las de las fuentes terrestres.

Al mismo tiempo, el coste que supone el endurecimiento de esta legislación y la aplicación de las subsiguientes medidas técnicas, sería mucho mayor para estas últimas que para las marítimas.

La comunicación COM (2002) 595, “Estrategia de la Unión Europea para reducir las emisiones atmosféricas de los buques de navegación marítima”, representa la respuesta de la Comisión Europea a esta situación, y en ella se establecen las directrices para que a nivel europeo se apliquen una serie de medidas que regulan las emisiones contaminantes a la atmósfera de los buques, algunas de las cuales se encuentran hoy en día en aplicación. Entre estas medidas se encuentra la limitación de contenido en azufre de algunos combustibles de uso marítimo o el fomento de la utilización en puerto de la electricidad suministrada por éstos, en lugar de la generada a bordo. En cuanto a normativa internacional, el Convenio MARPOL (Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques 1973/78) de la Organización Marítima Internacional (OMI), es el encargado de regular todo lo que se refiere a contaminación generada por los buques. Su Anexo VI trata especialmente la contaminación atmosférica, y en él se encuentran las regulaciones referentes a las emisiones contaminantes.

Este Anexo es relativamente reciente, y su aprobación data de mayo de 2005.

En este Convenio se establecen restricciones en lo que se refiere a emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono, óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y a instalaciones de incineración a bordo.

Su última revisión es de octubre de 2008, en la que sin embargo, aún no se han adoptado medidas reguladoras de las emisiones de CO₂.

En todo caso, como sucede con el resto de la normativa presentada hasta el momento, y en este caso especialmente, son documentos que se encuentran en continua revisión, por lo que es necesario informarse, en el momento que sea necesario su utilización, de cuál es la última revisión, enmienda o documento publicado al respecto.

12.1. Normativa de uso de gases como combustible.

En lo referente a la utilización en buques de combustibles gaseosos, no existe una reglamentación internacional, europea o nacional que regule este tipo de propulsión.

Sin embargo, y dado que en determinados países, como Noruega, la utilización de GNL se encuentra en pleno crecimiento, ha sido una Sociedad de Clasificación (DNV), la que ha publicado una serie de reglas al respecto.

Actualmente, otras sociedades de clasificación han publicado o están en proceso de hacerlo, sus propias normas al respecto. Asimismo, la Organización Marítima Internacional se encuentra desarrollando su Código para Buques Propulsados a Gas (IGF).

En el caso de pequeñas embarcaciones, se encuentra en desarrollo, a nivel europeo por el Comité Técnico CEN/TC 286 de la Unión, una normativa con vistas a la regulación de la propulsión mediante GLP (prEN 15609), aunque no ha sido publicada aún como Estándar Europeo. Este estándar no está orientado directamente a embarcaciones de pesca, aunque puede aportar una base sobre la que en un futuro se elabore una reglamentación al respecto a aplicar en las embarcaciones objeto de estudio.

CONCLUSIONES:

Como conclusión el buque debe estar optimizado para la tarea que se pretende realizar. Gestionar adecuadamente la velocidad del buque es de máxima importancia para disminuir el consumo y debe seleccionarse según las necesidades reales de operación valoradas desde un punto de vista objetivo.

La planta propulsora representa más del 70% del consumo total de energía del buque, así que cualquier estudio de ahorro energético debe iniciarse en este punto. El motor propulsor debe mantenerse el mayor tiempo posible cercano a su régimen óptimo y su potencia debe seleccionarse teniendo esto en cuenta. Lo mismo sucede con los motores auxiliares. La selección correcta de la hélice es de gran importancia para aumentar la eficiencia energética del buque.

Debe realizarse un correcto mantenimiento de los motores del buque y principalmente del motor propulsor. La correcta limpieza del casco y el propulsor minimizan la resistencia al avance y, por tanto, también el consumo.

Cuando el buque se encuentre en puerto es más rentable el uso de la electricidad de tierra y de otros servicios, como por ejemplo el suministro de hielo, que la generación propia. La generación a bordo es menos eficiente, más contaminante y más cara que la conexión a tierra.

El aprovechamiento del calor residual es otra de las opciones en que se pueden obtener elevadas mejoras en la eficiencia energética del buque. Si se desean implementar otras medidas de ahorro a bordo, las que más ventajas aportarán serán aquellas que aprovechen el calor residual del motor.

Al valorar la posible adopción de medidas de ahorro energético, hay que tener en cuenta también los beneficios que implica la reducción de las emisiones contaminantes asociada a las mismas. Hay que señalar que las medidas de mejora en la eficiencia no sólo implican ahorros en los costes de explotación del buque, también implican mejoras medioambientales, que normalmente no son cuantificadas, pero que a largo plazo pueden tener una importancia mayor que los propios ahorros obtenidos a corto plazo.

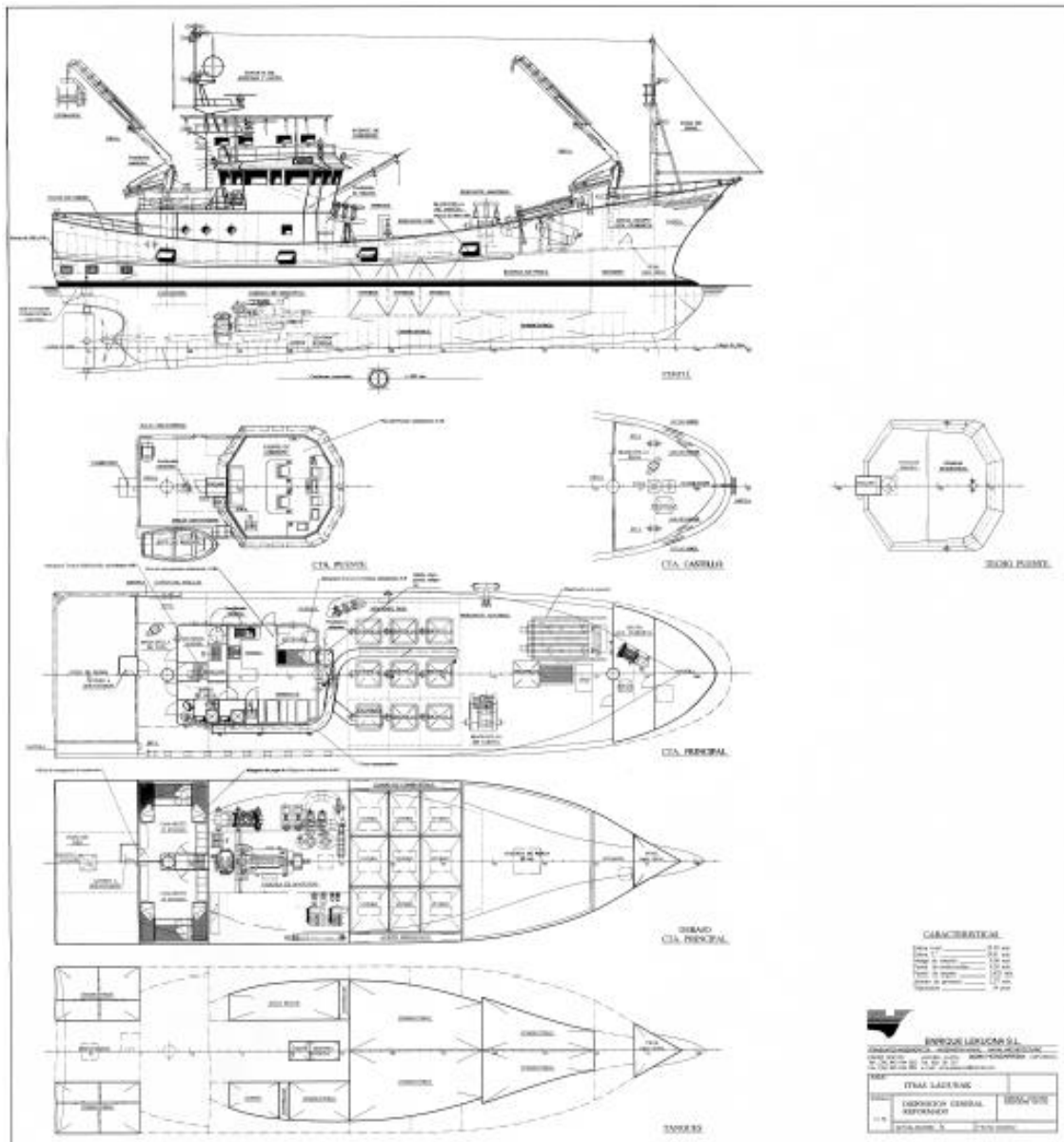
Por último es de gran importancia implicar a la tripulación en el proceso de ahorro energético ya que si toda la tripulación está concienciada con el ahorro energético, cuanto más ahorro, más ganancias para cada tripulante, con lo cual más beneficios para toda la tripulación.

BIBLIOGRAFIA

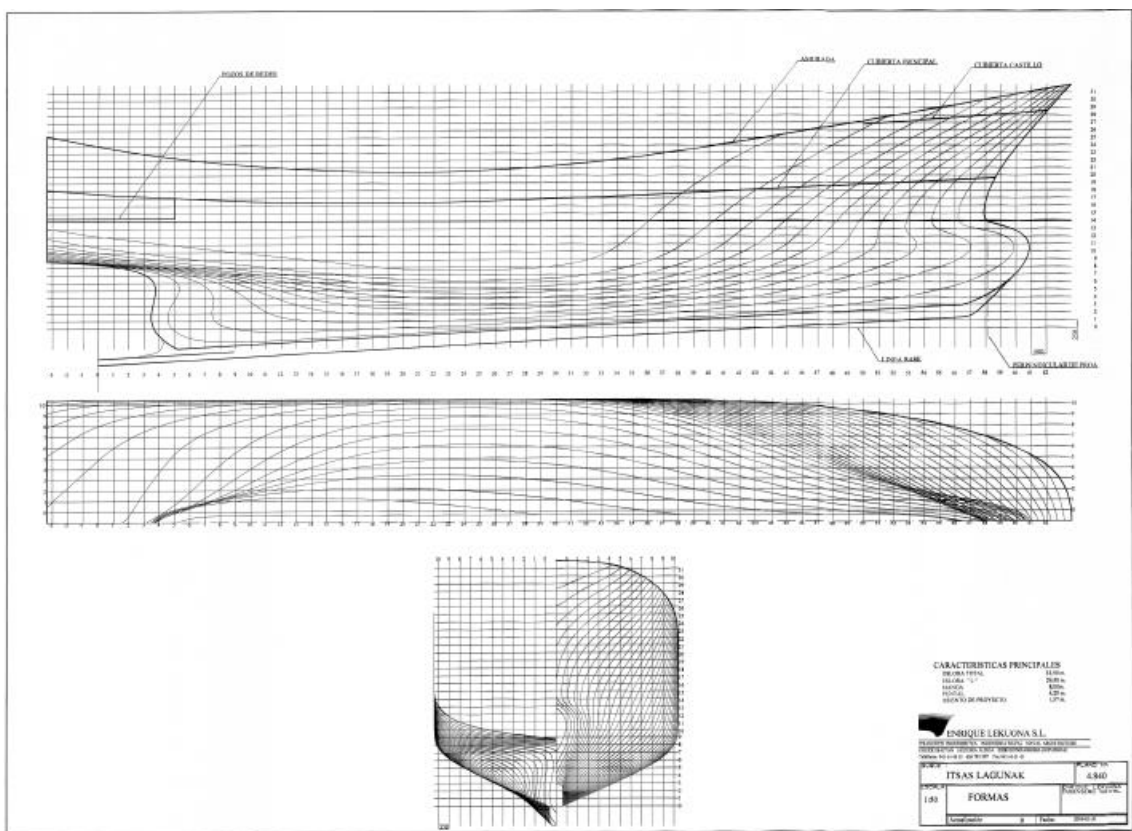
- Casanova Rivas, E. Máquinas para la propulsión de buques. Servicio de Publicacións da Universidade de da Coruña. 2001.
- Martínez I. Termodinámica básica y aplicada. Editorial Dossat. 1992.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. El Libro Blanco de la Pesca. 2007.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Estadísticas Pesqueras. Diciembre de 2008.
- Núñez Basáñez, J.F. Apuntes sobre buques pesqueros.
- Núñez Basáñez, J.F. Resultados obtenidos en arrastreros con hélices en tobera. Apuntes sobre buques pesqueros. ETSIN. Sección de Publicaciones. 1984.
- Pike, D. Fishing boats and their equipment (3rd Edition). Fishing News Books. 1992.
- U.S. Department of Energy. Energy Efficiency and Renewable Energy. Technical Support Document. Energy Conservation Standards for Consumer Products. Cooking Products. 1994.
- Wilson, J.D.K. Medidas de ahorro de combustible y de costos para armadores de pequeñas embarcaciones pesqueras. FAO. Documento Técnico de Pesca 383. 2005.
- Zarza Moya, E. Desalinización de agua de mar mediante energías renovables. Actas del I y II Seminario del Agua. Págs. 199-226. Instituto de Estudios Almerienses. 1997.
- Aparamenta eléctrica y su aplicación. José Roldan Viloria.
- Apuntes de electricidad aplicada a los buques. Francisco Javier Martín Pérez.
- Instalaciones eléctricas en baja tensión: diseño, cálculo, dirección, seguridad y montaje. Antonio Colmenar Santos.
- Predicción de potencia y optimización del bulbo de proa en buques pesqueros. García Gómez, A. publicación número 131 del Canal de Experiencias Hidrodinámicas de Pardo. Madrid, Abril 1991.
- Introducción a la propulsión de buques. Baquero Mayor, A.
- Sistemas y servicios. Volumen II, Comas Turnes, E.
- Sistemas eléctricos y electrónicos a bordo. Distribución eléctrica a bordo. López Piñeiro

-Sistemas eléctricos y electrónicos a bordo. Diseño general de la planta eléctrica. López Piñeiro

PLANOS



PLANO GENERAL DEL PESQUERO.



PLANO DE FORMAS DEL PESQUERO

